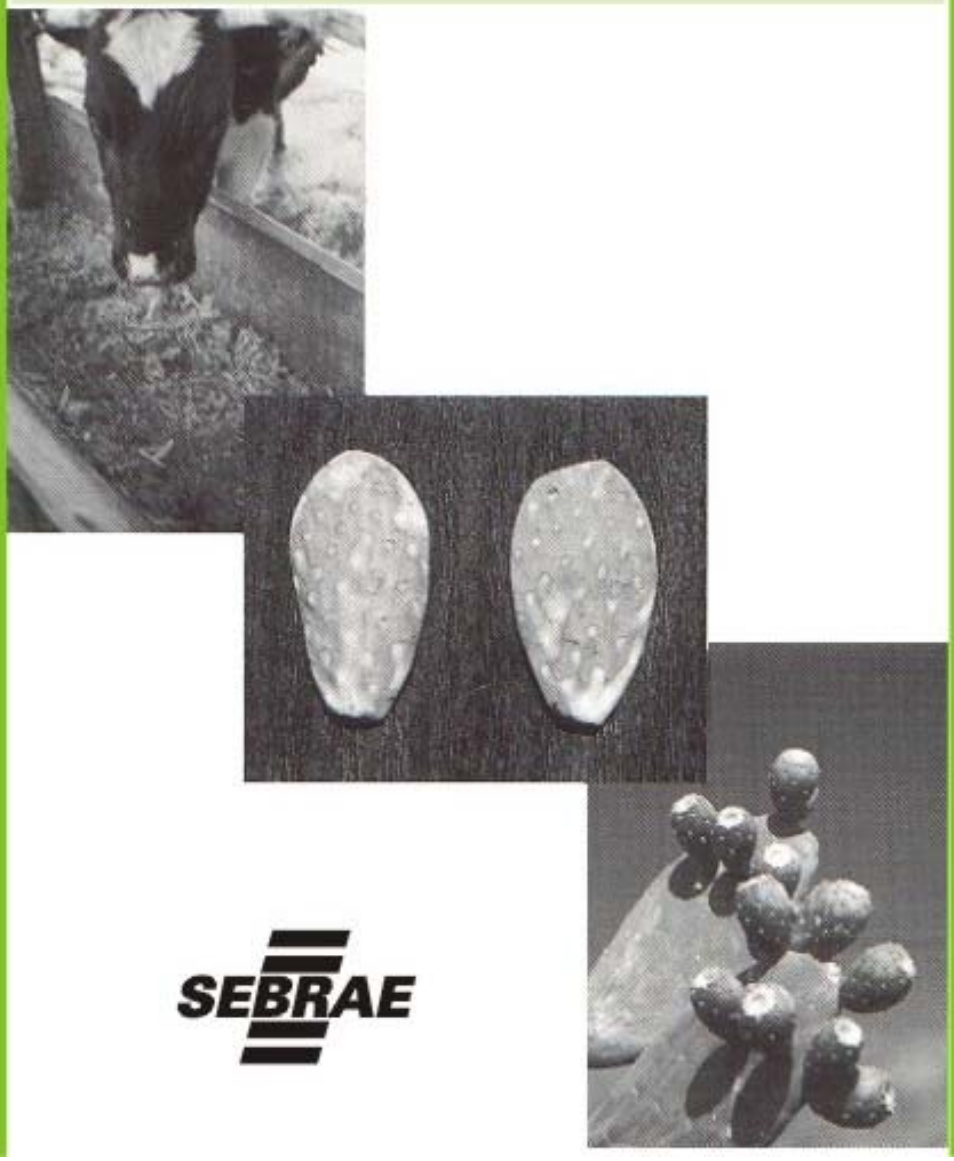
ISBN 85-7333-327-8

ESTUDO DA FAO EM PRODUÇÃO E PROTEÇÃO VEGETAL

132

Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira



SEBRAE

Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação

FAO

1 - "Este livro foi originalmente publicado pela Food and Agriculture Orgarnization of the United Nations (FAO) como Agro-ecology, cultivation and use of cactus pear" .

2 - "As designações empregadas e a apresentação de matérias nesta publicação não implicam a expressão de qualquer opinião por parte da Food and Agriculture Organization of the United Nations concementes ao status legal de qualquer país, região, cidade ou área de sua jurisdição, ou concernente à delimitação de suas fronteiras ou divisas".

3 - "As designações economias 'desenvolvidas' ou 'em desenvolvimento' pressupõem uma mera conveniência estatística e não expressam um julgamento sobre o estágio alcançado por um país, região ou área, em particular, no processo de desenvolvimento",

4 - "O Co-editor é responsável pela tradução do texto para o Português, e a FAO não se responsabiliza pela correção desta tradução".

ISBN 85-7333-327-8

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, nem armazenada em um sistema de recuperação de dados, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio (eletrônico, mecânico, fotocópia, etc.), sem autorização prévia do titular dos direitos autorais. As solicitações para obter tais autorizações, especificando a extensão do que se deseja reproduzir e sua finalidade, devem ser enviados à Diretoria de Informação da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação. Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Itália.

Copyright
FAO,1995, versão em língua Inglesa
SEBRAE/PB, 2001, versão em língua Portuguesa

ÍNDICE

HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E AGROECOLÓGICA **1**
(G. Barbera)
INTRODUÇÃO 1
HISTÓRIA 1
SITUAÇÃO ATUAL 3
MÉXICO 4
CHILE 5
OUTROS PAÍSES AMERICANOS 6
ITÁLIA 6
OUTROS PAÍSES EUROPEUS 7
ÁFRICA DO SUL 7
NORTE DA ÁFRICA 8
ORIENTE MÉDIO 9
PERSPECTIVAS 9

ETNOBOTÂNICA **12**
(W. Hoffmann)
O PAPEL DESEMPENHADO PELAS CACTÁCEAS NA CULTURA MEXICANA 12
ORIGEM E EVOLUÇÃO DO USO DA PALMA FORRAGEIRA 13
O PAPEL DESEMPENHADO NA RELIGIÃO INDÍGENA E NA MEDICINA POPULAR 15
O PAPEL DESEMPENHADO NA DIETA INDÍGENA E NA CULINÁRIA POPULAR 15
PAPEL E IMPORTÂNCIA NA AGRICULTURA DE SUBSISTÊNCIA 16
USOS TRADICIONAIS NA AMÉRICA LATINA 17
AS ILHAS CANÁRIAS 19

TAXONOMIA DAS OPUNTIAS UTILIZADAS **20**
(L. Scheinvar)
O GÊNERO OPUNTIA 20

ANATOMIA E MORFOLOGIA **28**
(F. Sudzuki Hills)
INTRODUÇÃO 28
SISTEMA RADICULAR 28
CLADÓDIOS 29
EPIDERME 29
ESTÔMATOS 30
ARÉOLAS 30
CASCA E MEDULA 32
TECIDO VASCULAR 32
GEMAS FLORAIS 33
GRÃO DE PÓLEN 34
FRUTA E SEMENTES 34

BIOLOGIA AMBIENTAL **36**
(P.S. Nobel)
INTRODUÇÃO 36
CAM – CHAVE DA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA 37
MORFOLOGIA, ANATOMIA E BIOQUÍMICA 39
RESPOSTAS AMBIENTAIS DO INTERCÂMBIO DE GASES 40
Água do solo 40
Temperatura 40
Luz 42
Nutrientes e salinidade 44
Alta concentração de CO_2 na atmosfera 45
PRODUTIVIDADE 45
TOLERÂNCIAS A TEMPERATURAS EXTREMAS 47
CONCLUSÕES 48

BIOLOGIA REPRODUTIVA **49**
(A. Nerd y Y. Mizrahi)
INTRODUÇÃO 49
FERTILIDADE DOS CLADÓDIOS 49
FLORAÇÃO 50
NECESSIDADES DE POLINIZAÇÃO 53
DESENVOLVIMENTO DA FRUTA E MATURAÇÃO 54
REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE SEMENTES 57

DOMESTICAÇÃO DAS OPUNTIAS E VARIEDADES CULTIVADAS **58**
(E. Pimenta-Barrios e A. Muñoz-Urias)
INTRODUÇÃO 58
VARIABILIDADE E DOMESTICAÇÃO 58
CARACTERÍSTICAS DA FRUTA E DE SUAS VARIEDADES 61

PROPAGAÇÃO **65**
(B. Mondragón e E. Pimenta-Barrios)
INTRODUÇÃO 65
PROPAGAÇÃO POR SEMENTES 65
Coleta e processamento 65
Escarificação 65
Armazenagem de sementes 66
Germinação 66
Apomixia 67
PROPAGAÇÃO ASSEXUAL 68
Tipos de propágulos 68
Armazenagem dos cladódios 69
Viveiros de palmas forrageiras 69
Desinfecção dos cladódios 71
Propagação por enxerto 71

APLICAÇÃO DO CULTIVO DE TECIDOS PARA A MICROPROPAGAÇÃO DE *OPUNTIA SP.* **72**
(V. Villalobos)
INTRODUÇÃO 72
APLICAÇÃO DO CULTIVO DE TECIDOS ÀS CACTÁCEAS 72
SISTEMA DE MICROPROPAGAÇÃO 72
EFEITOS DA SACAROSE 73
DIFERENCIAÇÃO DE RAÍZES E DESENVOLVIMENTO DA PLANTA NO SOLO 73
CULTIVO DE CALOS E EMBRIOGÊNESE SOMÁTICA 73
PERSPECTIVAS FUTURAS 74

PLANTAÇÃO E MANEJO DO POMAR **79**
(P. Inglese)
INTRODUÇÃO 79
SELEÇÃO DO LOCAL 79
Condições climáticas 79
Condições do solo 81
OPERAÇÕES ANTES DE PLANTAR 82
PROJETO DO POMAR 83
PLANTAÇÃO DO POMAR 84
Orientação da fileira 84
Época de plantar 84
Material para plantar 84
Colocação dos cladódios 85
PODA E SISTEMAS DE FORMAÇÃO 85
Poda de formação 85
Poda de produção 86
Época da poda 86
Poda de rejuvenescimento 87
Raleadura das frutas 87
SCOZZOLATURA E COLHEITA FORA DE ÉPOCA 88
MANEJO DO SOLO 89
FERTILIZAÇÃO 89
REGA 90
COLHEITA 91
PRODUTIVIDADE 92

PRODUÇÃO, INDUSTRIALIZAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA **94**
(C. A. Flores Valdez)
INTRODUÇÃO 94
PRODUÇÃO DE VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA NO MÉXICO: PASSADO E PRESENTE 94
Palmais nativos selvagens 94
Hortas familiares 95
Plantações comerciais 95
MANEJO TÉCNICO 95
Preparação do terreno 95
Traçado da plantação 95
Variedades 96
Plantação 96
Fertilização 96

Aspersão 97
Controle de pragas e doenças 97
Práticas culturais e controle de ervas daninhas 97
Prevenção contra geadas 97
Poda 97
Colheita 98
Produção 98
Embalagem 98
Limpeza 99
OFERTA E DEMANDA DE VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA NO MÉXICO 100
Distribuição geográfica da oferta 100
Distribuição, demanda e oferta durante o ano 100
Demanda internacional de verdura de palma forrageira 101
VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA COMO FORRAGEM 101
CONCLUSÕES 102

PRAGAS DA PALMA FORRAGEIRA 103
(S. Longo e C. Rapisarda)
INTRODUÇÃO 103
INSETOS 103
Thrips (Thrysanoptera Tripidae) 103
Percevejos (Hemiptera Coreidae) 104
Cochonilha (Homoptera Dactylopiidae) 104
Escamas blindadas (Homoptera Diaspididae) 106
Polias (Lepidoptera Pyraloidea) 106
Escaravelhos (Colepotera) 108
Moscas (Diptera) 109
Formigas (Hymenoptera formicidae) 110
OUTRAS PRAGAS 110
COMENTÁRIOS FINAIS 111

DOENÇAS BIÓTICAS E ABIÓTICAS 112
(G. Granata)
INTRODUÇÃO 112
DOENÇAS INFECCIOSAS 112
Doenças causadas por bactérias e leveduras 112
Mancha bacteriana 113
Esfoladura da coroa da palma forrageira 113
Podridão moderada 114
Doenças causadas por fungos 114
Podridão por Armillaria e podridão dos caules 115
Gomose causada por Dothiorella 116
Podridão do colo, induzido por Phytophtora 116
Mancha dourada causada por Alternaria 117
Murcha causada por Fusarium 118
Escamas ferruginosas 118
Podridão algodoeira 119
Mofo cinza 119
Outros agentes patológicos tipo fungos 120
Doenças tipo micoplasma 121
Engrossamento dos cladódios 121
Proliferação de flores 121

DOENÇAS ABIÓTICAS 122
Deficiências e toxicidade de minerais 122
DESARANJOS CAUSADOS POR FATORES AMBIENTAS 122
Danos causados por granizo 122
DOENÇAS DE CAUSA DESCONHECIDA 122
Caspa 122

MANEJO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA 123
(M. Cantewell)
INTRODUÇÃO 123
FRUTAS 123
Composição e características nutritivas da fruta madura 123
Desenvolvimento da fruta, índices de maturação e atributos de qualidade 123
Fisiologia da pós-colheita 128
Colheita e embalagem 128
Condições de armazenagem e comercialização 131
Necessidades futuras de pesquisa e divulgação 133
VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA 133
Qualidade e características nutritivas 133
Fisiologia de pós-colheita 134
Colheita e embalagem 135
Condições de armazenagem e comercialização 137
Manuseio de verdura fresca de palma forrageira 139
Atividades futuras de pesquisa e divulgação 139

FABRICAÇÃO DE ALIMENTOS E OBTENÇÃO DE SUBPRODUTOS 140
(D. Sáenz-Hernández)
INTRODUÇÃO 140
COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRITIVO 140
SUCOS E POLPAS 142
DOCES EM PASTA, CONGELADOS E OUTROS PRODUTOS 143
SUBPRODUTOS 145
USOS FARMACÊUTICOS E COSMÉTICOS 145

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGEM 147
(P. Felker)
INTRODUÇÃO 147
USOS HISTÓRICOS 148
PRODUTIVIDADE 149
LIMITANTES AMBIENTAIS 150
QUALIDADE NUTRITIVA 151
COMPLEMENTOS PARA BALANCEAR MINERAIS E PROTEÍNAS E REDUZIR A EVACUAÇÃO 153
TÉCNICAS PARA AUMENTAR O TEOR DE PROTEÍNAS NA PALMA FORRAGEIRA 153
PROCESSAMENTO, QUEIMA, CORTE, PALHA E ENSILAGEM 154
IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS 156
EXPERIÊNCIAS COM OPUNTIAS NA ÁFRICA SAHELIANA E NO SUBCONTINENTE HINDU 156
SUMÁRIO 156
Necessidades de pesquisas 157

CONTROLE E UTILIZAÇÃO DAS OPUNTIAS SELVAGENS **158**
(M. O. Brutsch e A. G. Zimmermann)
INTRODUÇÃO 158
CONTROLE 158
A AMEAÇA DA PALMA FORRAGEIRA NA AUSTRÁLIA 159
ESPÉCIES SELVAGENS DE OPUNTIA NA ÁFRICA DO SUL 159
ESPÉCIES SELVAGENS DE OPUNTIA EM OUTROS PAÍSES 160
UTILIZAÇÃO 161
DISCUSSÃO GERAL 162

PRODUÇÃO DE CORANTE DACTI (*Dactylopius coccus* Costa) **169**
(V. Flores-Flores e A. Tekelenburg)
INTRODUÇÃO 169
IMPACTO SÓCIO-ECONÔMICO E MERCADOS 169
Histórico 169
Produção atual 170
Perspectivas do mercado 171
O INSETO E SEU CICLO BIOLÓGICO 171
Origem e evolução da cochonilha 172
Posição taxonômica 172
Morfologia 172
Desenvolvimento da fêmea 172
Desenvolvimento do macho 174
FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM O CICLO DO INSETO 174
Temperatura atmosférica 174
Precipitações 175
Umidade relativa 175
Luz e tempo de exposição 175
Fases da lua 176
FATORES BIÓTICOS QUE AFETAM O CICLO BIOLÓGICO 176
Espécies de Opuntia 176
Idade e condição do cladódio 176
PRODUÇÃO DE COCHONILHA EM PALMAIS A CÉU ABERTO 177
Palmais nativos selvagens 177
Opuntias em velhas hortas familiares 178
Plantações intensivas 178
MANEJO TÉCNICO DA PRODUÇÃO DE COCHONILHA 178
Processos de infestação 178
Cladódio infestado 178
Saco de filó 179
Época ótima de infestação 179
Dinâmicas da população de cochonilhas 179
Inimigos naturais da cochonilha 181
Manejo intensivo 181
MANUSEIO DA COLHEITA E DA PÓS-COLHEITA 182
PRODUÇÃO DE COCHONILHA EM ÁREAS COBERTAS 184
RENDIMENTOS E LUCROS 185
Ritmos de produção e rendimentos de cochonilha 185
Necessidades de mão de obra e análise financeira 186

PRODUÇAO DE ENERGIA **187**
(V. García de Cartázar e M. T. Varnero M.)
INTRODUÇÃO 187
ASPECTOS BÁSICOS E POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ETANOL 188
BIOGÁS A PARTIR DE PLANTAS E ANIMAIS. CÁLCULOS PRÁTICOS 189
PROJETO E OPERAÇÃO DE BIODIGESTORES 190
PRODUÇÃO DE ENERGIA E USO EFICIENTE DOS RECURSOS 191

BIBLIOGRAFIA **194**

ÍNDICE REMISSIVO **211**

LISTA DE FIGURAS

		Página
1.	*Codex Mendoza*. Uma águia sobre um pequeno arbusto de palma forrrageira..	13
2.	Origem e evolução do uso da palma forrageira no México (até 1980).	14
3.	Distribuição percentual dos tamanhos das empresas agrícolas, de acordo com um estudo realizado através de entrevistas.	17
4.	Perda diária de água e captação atmosférica do CO_2 para plantas representativas altamente produtivas dos tipos C_3 e C_4, bem como para a espécie CAM *O. ficus-indica*.	38
5.	Influência da duração da seca sobre a captação atmosférica de CO_2, em períodos de 24 horas na *O. ficus-indica*.	41
6.	Influência da temperatura do ar dia/noite sobre a captação atmosférica de CO_2, em período de 24 horas na *O. ficus-indica*.	42
7.	Influência do fluxo diário de fótons fotossintéticos ativos sobre a captação atmosférica de CO_2, em períodos de 24 horas para *O. ficus-indica*.	43
8.	Produtividade prevista de *O. ficus-indica* para vários espaçamentos e portanto para valores do índice de área do cladódio (IAC).	46
9.	Floração em cladódios cortados, colocados sob viveiros sobreados ou em estufa em Beer-Sheva, Israel.	52
10.	Início da floração em vários locais de Israel e suas várias temperaturas mensais.	52
11.	Mudanças no peso fresco da fruta e da polpa e no peso seco da fruta, polpa e sementes, durante o desenvolvimento da fruta da cultivar 'Gialla'.	56
12.	Duração do período dos crescimento da fruta em Beer-Sheva, Israel, em função das temperaturas mensais.	56
13.	Passos esquemáticos na micropropagação de *Opuntia amyclaea.*	75
14.	Desenvolvimento e multiplicação de brotos. Desenvolvimento de brotos depois de 25 dias de cultivo. Seções longitudinais de broto desenvolvido, mostrando o desenvolvimento de novos brotos surgindo da gema pré-existente.	76
15.	Desenvolvimento de brotos em meios com diferentes concentrações percentuais de sacarose.	76

16. Diferenciação radicular. Brotos de *Opuntia* cultivados durante dez dias em um meio de cultivo complementado com AIB. Efeito sobre a quantidade de raízes em função da concentração de sais no meio. Indução de raízes em brotos cultivados em solução de sais. Seção histológica de raízes recém diferenciadas do câmbio. 77

17. Plantas micropropagadas de *Opuntia* no solo. Plantas recém-transferidas, mostrando características juvenis. Plantas com seis meses de idade, com formas típicas de cladódios. 78

18. Temperaturas médias mensais em alguns locais em que se cultiva a palma forrageira visando a produção de frutas. 82

19. Contribuição dos cladódios ao rendimento frutífero total da planta, em relação à produtividade isolada do cladódio. 90

20. Índice de refloração em relação ao ciclo da fertilidade. 90

21. Quantidade de cladódios férteis necessários para produzir 20 tons/ha de frutas (120 g) em relação à fertilidade do cladódio e à densidade do pomar, considerando uma fertilidade do cladódio de 6 frutas. 93

22. Períodos de colheita das frutas de *Opuntia* sp. cultivadas no mundo. 93

23. Mudanças nos sólidos solúveis, açúcar total, pH e teor total de pectina, na polpa e na casca de frutas (*O. amyclaea*, Copena 1), colhidas em diferentes estágios de maturação. 126

24. Manuseio de pós-colheita da fruta de palma forrageira para mercados internacionais. 131

25. Flutuação diária no teor de ácido titulável da verdura de palma forrageira de 20 cm de comprimento, colhida de *O. ficus-indica* no verão entre 05:00 e 22:00 horas. 135

26. Mudanças no comprimento e peso, teor de proteínas, cinzas e fibras brutas, e carboidratos totais e acidez, durante o crescimento de verdura de palma forrageira. 136

27. Produção de dióxido de carbono por verdura de palma forrageira de 10 cm de comprimento (*O. inermis*), armazenados a 5º, 10º, 15º e 20ºC. 137

28. Mudanças no teor da acidez titulável de verdura de palma forrageira (*O. inermis*) de 10 cm, e de 20 cm, colhida às 08:00 e às 18:00 e armazenada durante nove dias a 5º, 10º, 15º e 20ºC. 138

29. Diagrama do ciclo biológico da cochonilha. 175

30. Infestação de cochonilha com um cladódio infestado. 180

31. Infestação de cochonilha com saco de filó. 180

32. Colheita da cochonilha. 183

33. Estágios das transformações anaeróbicas da matéria orgânica para etanol e/ou metano com os principais grupos de microorganismos responsáveis pelos processos. 188

34. Diagrama de fluxo para um sistema agrícola otimizado, baseado na produção de palma forrageira. 192

LISTA DE TABELAS

		Página
1.	Principais usos tradicionais, atuais e potenciais de opuntias.	4
2.	Variação no número de cromossomos em variedades selvagens e cultivadas de palma forrageira.	60
3.	Características das variedades de frutas de palma forrageira cultivadas no mundo.	64
4.	Conteúdo de sementes em frutas de palma forrageira.	66
5.	Percentagem de germinação das sementes nas variedades de palmas forrageiras cultivadas e selvagens, em diferentes intervalos de tempo depois da colheita das frutas.	67
6.	Percentagem de sementes poliembriônicas nas palmas forrageiras cultivadas e selvagens e quantidade de embriões por semente.	67
7.	Quantidade e tamanho dos brotos de palma forrageira, em função do tamanho do corte do cladódio cv. Selección Pabellón.	70
8.	Áreas representativas cultivadas com *Opuntia* para a produção de frutas.	80
9.	Condições climáticas nas áreas produtoras de fruta de palma forrageira no México.	80
10.	Produção mensal de verdura de palma forrageira em Tlalnepantla, Morelos, com preços médios por fardo pagos aos produtores na central de abastecimento da Cidade do México.	98
11.	Área dedicada à produção de verdura de palma forrageira por estado.	100
12.	Preços por quilo de verdura de palma forrageira em diferentes centrais de abastecimento no México 1991-1992 (US$)	101
13.	Comparação da composição da polpa da fruta de palma forrageira com a da laranja e a do mamão.	124
14.	Composição química da polpa e das sementes das frutas de *O. ficus-indica*.	124
15.	Mudanças físicas e de composição química em frutas de *O. amyclaea*, Copena 18, durante seu desenvolvimento e maturação.	127
16.	Composição química de frutas frescas e armazenadas de *O. amyclaea,* colhidas em vários estágios de desenvolvimento.	127

17. Respiração máxima e taxa de produção de etileno de algumas frutas climatéricas e não climatéricas a 20ºC. 129

18. Respiração e taxa de produção de etileno da fruta de *O. amyclaea*, Copena 18, colhida em três estágios de maturação e armazenada a 20ºC e 95% de umidade relativa. 129

19. Composição da verdura de palma forrageira fresca, alface e espinafre. 134

20. Composição química da polpa da fruta de palma forrageira (g/100 g). 141

21. Composição mineral da polpa da fruta de palma forrageira (mg/100 g). 141

22. Características tecnológicas da polpa da fruta de palma forrageira (g/100g). 141

23. Avaliação dos parâmetros de cor no suco da fruta de palma forrageira, submetido a tratamento térmico. 143

24. Valores típicos da composição dos cladódios da palma forrageira utilizados como alimento animal. 152

25. Principais ervas daninhas de *Opuntia*, sua origem, país de invasão, métodos de controle e situação atual. 164

26. Zonas favoráveis para o binômio palma forrageira-cochonilha. 177

27. Métodos de matança da cochonilha. 184

28. Produção anual de cochonilha seca em função da tecnologia usada. 186

29. Produção potencial de biogás a partir de diferentes materiais. 190

30. Efeito da temperatura sobre o período de fermentação para a produção máxima de CH_4. 190

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1. Primeira gravura européia de uma palma forrageira com espinhos (Oviedo y Valdez, 1535).

Fotografia 2. Plantação de palma forrageira para a produção de frutas (S. Cono, Itália).

Fotografia 3. Plantação de palma forrageira para a produção de frutas na África do Sul.

Fotografia 4. Plantação de palma forrageira para a conservação do solo (Tunísia, Norte da África).

Fotografia 5. *Opuntia albicarpa* sp. nov. Scheinvar.

Fotografia 6. *Opuntia cochenellifera* (L.) Mill.

Fotografia 7. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.

Fotografia 8. *Opuntia hyptiacantha* Web.

Fotografia 9. *Opuntia joconostle* Web.

Fotografia 10. *Opuntia lindheimeri* Griff. e Hare.

Fotografia 11. *Opuntia robusta* Wendl.

Fotografia 12. *Opuntia streptacantha* Lem.

Fotografia 13. *Opuntia tomentosa* Salm Dick.

Fotografia 14. Seção transversal do cilindro vascular da raiz primária, mostrando o grande córtex com uma massa pequena de cristal de micorrizo e pêlos radiculares x 170.

Fotografia 15. Epiderme com estômato inferior e com canal subestomatal proeminente, através de 4-5 capas de células esclerenquimatosas da hipoderme. É possível observar-se as grandes drusas entre a epiderme e a hipoderme x 200.

Fotografia 16. Estômato paralelocítico cercado por um anel de 3 a 4 células subsidiárias ao redor das células guarda x 400.

Fotografia 17. Esqueleto arquitetônico de cladódio de *O. ficus-indica*, mostrando a forma da rede do sistema vascular.

Fotografia 18. Grão de pólen de *O. ficus-indica.*

Fotografia 19. Óvulos de *O. ficus-indica.*

Fotografia 20. Ovário inferior com placentação parietal dos óvulos.

Fotografia 21. Sementes de *O. ficus-indica.* a) viável, b) estéril e c) estéril (x 8).

Fotografia 22. Flores seccionadas mostrando o ovário inferior com os óvulos.

Fotografia 23. Floração primaveril sobre cladódios com frutas maduras de inverno. (área de Til-Til, Santiago, Chile).

Fotografia 24. "Amarilla Montesa" (México).

Fotografia 25. "Burrona" (México).

Fotografia 26. "Cardona" (México).

Fotografia 27. "Copena" (México).

Fotografia 28. "Cristalina" (México).

Fotografia 29. "Fafayuco" (México).

Fotografia 30. "Roja pelona" (México).

Fotografia 31. "Bianca" *scozzolata* (Itália).

Fotografia 32. "Gialla" *scozzolata* (Itália).

Fotografia 33. "Rossa" *scozzolata* (Itália).

Fotografia 34. "Algerian" (África do Sul).

Fotografia 35. "Direkteur" (África do Sul).

Fotografia 36. "Fusicaulis" (África do Sul).

Fotografia 37. "Nudosa" (África do Sul).

Fotografia 38. "Roly Poly" (África do Sul).

Fotografia 39. Cladódio simples (abaixo) e cladódios múltiplos (1-2 brotos) prontos para plantar.

Fotografia 40. Planta enraizada obtida de uma fração do cladódio com 2-3 aréolas, 3 meses depois de plantada.

Fotografia 41. Planta enraizada obtida de uma fração do cladódio com 2 aréolas, 9 meses depois de plantada.

Fotografia 42. Cladódio múltiplo (CM) pouco depois de plantado.

Fotografia 43. Dois CM plantados por cova.

Fotografia 44. Três CM plantados por cova, formando um triângulo.

Fotografia 45. Planta de oito anos conduzida em forma de vaso, plantada com um CM por cova.

Fotografia 46. Planta de oito anos conduzida em forma de meia lua, plantada com três CM por cova.

Fotografia 47. Frutas de forma regular resultantes de uma poda pré-floral adequada.

Fotografia 48. Plantação de palma forrageira para produção de verdura em Milpa Alta (México).

Fotografia 49. Túneis para a produção de verdura de palma forrageira fora de época em Milpa Alta (México).

Fotografia 50. Verdura de palma forrageira pronta para ser colhida.

Fotografia 51. Pacotes de verdura de palma forrageira (Milpa Alta, México).

Fotografia 52. Corte correto (esquerda) e incorreto (direita) de verdura de palma forrageira.

Fotografia 53. Verdura de palma forrageira com os espinhos removidos, pronta para ser processada ou consumida fresca.

Fotografia 54. Colhendo frutas em San Cono (Itália).

Fotografia 55. Alicate de colheita da fruta fabricado na África do Sul.

Fotografia 56. Cladódio danificado por trips.

Fotografia 57. Frutas da palma forrageira danificadas por *Dactylopius coccus.*

Fotografia 58. Cladódio danificado por larva de polia.

Fotografia 59. *Cactoblastis cactorum* em cladódio de um ano.

Fotografia 60. Formigas alimentando-se de cladódio em desenvolvimento.

Fotografia 61. Fêmea de *Ceratitis capitata* W.

Fotografia 62. Cladódio infestado por *Cercospora* (Cochabamba, Bolívia).

Fotografia 63. Cladódio totalmente destruído por infestação de *Cercospora* (Cochabamba, Bolívia).

Fotografia 64 Podridão suave do cladódio (S. Cono, Itália).
.

Fotografia 65. Dano por granizo em frutas e cladódios.

Fotografia 66. Dano por geada em frutas em maturação.

Fotografia 67. Frutas danificadas depois de um manejo inadequado de remoção de espinhos.

Fotografia 68. Embalagem de madeira para frutas (cv "Gialla") na Itália. Nota-se o pequeno pedaço de cladódio no ponto de corte da fruta.

Fotografia 69. Embalagem de papelão para frutas na África do Sul.

Fotografia 70. Embalagens de frutas produzidas no México (em cima) e na Califórnia (em baixo).

Fotografia 71. Vista interna de uma embalagem de frutas na Califórnia.

Fotografia 72. Mercado típico de frutas na beira de uma estrada no norte da África.

Fotografia 73. Propaganda de frutas no México.

Fotografia 74. Preparação de marmelada da fruta de palma forrageira(Chapingo, México).

Fotografia 75. Pedaços secos de frutas e cladódios de *O. robusta.*

Fotografia 76. Amostras de suco das cultivares "Rossa", "Gialla" e "Bianca".

Fotografia 77. Doce, geléia (em cima), pedaços de verdura de palma forrageira em conserva (abaixo à esquerda e à direita) e frutas em conserva (centro).

Fotografia 78. Vários produtos cosméticos com base em extratos de cladódios de palma forrageira.

Fotografia 79. Queima de espinhos em opuntias para a alimentação do gado em pastejo direto.

Fotografia 80. Gado alimentando-se diretamente nas palmas forrageiras.

Fotografia 81. Cladódios de palma forrageira cortados e misturados com a ração diária do gado (Região Metropolitana, Santiago, Chile).

Fotografia 82. Plantação de palma forrageira para a produção de cochonilha (La Serena, Chile).

Fotografia 83. *Dactylopius coccus* aderido a cladódio de um ano.

Fotografia 84. Cladódios de palma forrageira sob galpão para a produção de cochonilha.

Fotografia 85. Corpos secos de cochonilhas (direita) e carmim (esquerda).

Fotografia 86. Variedades de cores em lã tratada com carmim.

Com autorização de:

G. Barbera	3, 4, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 39, 42, 43, 44, 53, 59, 64, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 85
M. Cantwell-Trejo	50, 52, 55, 67
P. Felker	79, 80
C. Flores-Valdez	49, 51
P. Inglese	2, 18, 23, 31, 32, 33, 40, 41, 45, 46, 47, 48, 54, 60, 62, 63, 65, 66, 74, 77, 78, 81, 82, 83, 86
S. Longo	56, 57, 58, 61
G. Nieddu	19, 20
L. Scheinvar	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
F. Sudzuki Hills	14, 15, 16, 17, 21, 22
Tekelenburg	84
A. Wessels	34, 35, 36, 37, 38

PRÓLOGO

A publicação em 1995 da versão em inglês deste manual significou uma substancial contribuição do Serviço de Cultivos e Pastos da Diretoria de Produção e Proteção Vegetal da FAO, para aqueles interessados em aproveitar o alto potencial da Palma Forrageira (*Opuntia* sp.). A Organização reconhece este potencial da *Opuntia* e sua importância para contribuir no desenvolvimento das zonas áridas e semi-áridas, sobretudo nos países em desenvolvimento, através da exploração econômica de várias de suas espécies, com resultados benéficos para a conservação do meio ambiente e a segurança alimentar.

A utilização da *Opuntia* como forragem, como verdura para consumo humano, na produção de frutas e como matéria prima para processamento é diversificada. Como forragem, pode ser produzida em áreas onde poucos cultivos prosperam; seus cladódios apresentam altos níveis de palatabilidade e digestibilidade, além de disporem de um alto teor de água, o que reduz a necessidade de providenciá-la para os animais. Os cladódios novos são consumidos como verdura, sobretudo no México. As frutas para consumo no estado fresco têm um mercado internacional potencial nos Estados Unidos e na Europa, onde são consideradas como produto exótico. Finalmente, resultados experimentais demonstraram que a palma forrageira tem propriedades medicinais e pode ser eficiente em tratamentos contra diabetes, gastrite e obesidade.

Desde a criação da Rede Internacional de Cooperação Técnica para a Palma Forrageira (CACTUSNET) sob os auspícios da FAO em 1993, se obteve um incremento significativo em termos de cooperação técnica, intercâmbio de informações e conhecimentos entre produtores, técnicos, cientistas e instituições dos países participantes. Isso reflete o papel da FAO como uma organização que promove a cooperação técnica internacional, reunindo peritos de diferentes partes do mundo para discutir argumentos técnicos de comum interesse.

Esta versão em português constitui outro resultado importante do trabalho do Serviço de Cultivo e Pastos sobre *Opuntia.* O manual fará com que as informações disponíveis no documento original, principalmente as relacionadas com os aspectos históricos, biológicos, agronômicos e industriais, cheguem a um número maior de usuários.

Marcio C. M. Porto
Chefe do Serviço de Cultivos e Pastos
Diretoria de Produção e Proteção Vegetal
FAO, Roma

APRESENTAÇÃO

O futuro das zonas áridas e semi-áridas do mundo depende do desenvolvimento sustentável de sistemas agrícolas baseados numa seleção adequada de cultivos.

Os cultivos mais apropriados são os que podem suportar condições de falta de água, altas temperaturas, solos pobres que exijam poucos insumos energéticos, e que sejam de fácil manejo no plantio, para que proporcionem alimento e forragem para a agricultura de subsistência; além do mais é importante que o produto e/ou os subprodutos sejam apreciados e tenham valor no mercado internacional.

As Opuntias especialmente a *O. ficus-indica* - palma forrageira - satisfaz várias das exigências descritas acima. Elas desempenham um papel importante em projetos de preservação do solo para zonas áridas, além de produzirem frutas e verduras para consumo humano, forragem para o gado, biomassa para fins energéticos (combustível ou biogás), cochonilha para a produção de carmim e inúmeros subprodutos como bebidas, queijo vegetariano, remédios e cosméticos. As opuntias também servem de abrigo e alimento para várias espécies selvagens que vivem em ambientes áridos.

O uso da palma forrageira no México data da época pré-hispânica, quando desempenhou um papel importante na economia agrícola do Império Asteca. Em décadas recentes, no entanto, as plantações para a produção de frutas e forragem, verdura e cochonilha se desenvolveram em muitos países da África, América, Ásia e Europa. A palma forrageira é importante para a economia de zonas áridas, não só para a subsistência, mas também para uma agricultura orientada para o mercado; é possível que sua importância aumente com as alterações climáticas esperadas. As atividades de pesquisa se desenvolveram como resposta a um aumento de solicitações por parte de técnicos, especialistas de campo, produtores privados e comunidades rurais em países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Em 1993 estabeleceu-se em Guadalajara, México, uma rede internacional da FAO com a finalidade de fomentar a cooperação entre cientistas de diferentes países, e de facilitar o intercâmbio de informações, conhecimentos e cooperação técnica.

Este livro é o resultado dessa cooperação internacional. Outras publicações podem abranger aspectos específicos, como taxonomia e ecofisiologia de opuntias, produção de frutas ou forragem e manejo da plantação. Esta obra procura oferecer um conhecimento básico da anatomia e fisiologia da planta, sua etnobotânica, taxonomia e biologia reprodutiva, bem como expor detalhadamente os aspectos técnicos do manejo da planta e da plantação, da produção das frutas, forragem, do manejo pós-colheita, da produção de cochonilha, de energia, de subprodutos e do controle das populações naturalizadas.

Tudo isto foi possível graças à cooperação do todos os cientistas que contribuíram para este livro. Os editores agradecem sua entusiástica cooperação.

Agradecimentos também à Dra. Loredana Pace por sua excelente e valiosa assistência na edição do manuscrito.

Finalmente, esperamos sinceramente que este livro desempenhe um papel importante em aumentar o conhecimento e o uso da palma forrageira, tendo em vista seu significativo potencial na agricultura e na economia das zonas áridas e semi-áridas.

Os Editores

HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E AGROECOLÓGICA

por **G. Barbera**

Università degli Studi di Palermo, Italia

INTRODUÇÃO

"Lo más importante después de la creación del mundo... es el descubrimiento de las Indias". Estas palavras dirigidas ao Imperador Carlos V em 1552 por Francisco López de Gomara, autor da famosa *Historia General de las Indias*, atestam a visão dos conquistadores europeus quanto aos possíveis ganhos resultantes do encontro entre o Velho e o Novo Mundo. De acordo com Alfred Crosby (1972), são notáveis no mundo atual, especialmente na agricultura contemporânea, as conseqüências do intenso intercâmbio de flora e fauna das várias regiões do planeta, feito naquela época. Através dos séculos e até recentemente esse intercâmbio tem continuado e não pára de nos surpreender.

Durante as décadas imediatamente após a primeira viagem de Colombo, houve diferentes dinâmicas de intercâmbio de animais e plantas entre os dois mundos. Os conquistadores impuseram rapidamente à América seus cultivos tradicionais, graças a seu avançado sistema científico e tecnológico, bem como a sua intenção de manter condições e hábitos similares aos de sua terra natal. A transferência na outra direção não foi tão rápida, já que os europeus estavam mais interessados nos produtos que lhes dessem lucros imediatos. Somente mais tarde é que mostraram mais interesse pela flora local, seja por curiosidade científica, seja por uma tendência para o exótico, porém menos por uma conscientização das potencialidades dessas plantas como alimento ou como bem de relevância econômica. De fato, inicialmente os espanhóis mostraram-se desconfiados em relação à cultura dos povos que haviam conquistado, o que os fez se aproximarem com muita precaução de seus hábitos alimentares e, mesmo assim, apenas por necessidade (Doria, 1992).

Assim, passaram séculos até que as opuntias se tornassem totalmente apreciadas em várias regiões do mundo, embora elas fossem uma das plantas mais relevantes da civilização asteca.

HISTÓRIA

Os primeiros europeus que desembarcaram no continente americano compreenderam imediatamente a importância das opuntias no complexo mundo cultural pré-hispânico, bem como sua relevância econômica. Quando o primeiro conquistador, Hernán Cortés, chegou em 1519 ao planalto do México, não foi possível deixar de observar a presença de palmais nativos selvagens por toda parte, já que, ao entrar em Tlaxcala (Días de Castillo, 1568) foram recebidos com frutas de palma forrageira. Além do mais, já haviam comido esta fruta: Oviedo y Valdés, o primeiro autor a descrever essas frutas, escreveu que seus companheiros "conheciam e comiam essa fruta com prazer" em Espanhola (atualmente Haiti / República Dominicana) em 1515. Descreveu também num trabalho posterior, de 1535, a morfologia da planta com um alto grau de detalhe e certeza. De acordo com sua descrição, a planta crescia em Espanhola, mas também podia ser encontrada em outras ilhas e em outras áreas das Índias; mais ainda, "suas sementes e sua casca são como as do figo e são muito saborosas". Posteriormente outros autores mencionam a aceitação da fruta entre a

população local e entre os espanhóis, tal como o fizeram Álvaro Nuñez Cabeza de Vaca, em seu relatório de viagem feita entre 1527 e 1536 nas regiões sudoeste do que hoje são os Estados Unidos e Toribio de Motolinía (1541) (Dinkin, 1977).

Oviedo e Valdés, Toribio de Motolinía e Galeotto Cei (1539-1553) descreveram várias espécies e em seus trabalhos ressaltam freqüentemente os diferentes usos além do uso alimentício, tais como: corantes (extraído da fruta, segundo Oviedo y Valdés), como erva (algumas espécies eram conhecidas como "árvore soldadora" por sua importância no tratamento de fraturas), como fonte de água e para construir cercas-vivas ou barreiras. A ocorrência de diferentes espécies é enfatizada por Toribio de Motolinía, que menciona várias espécies, e por Bernardino de Sahagún e Francisco Hernández (1570), que citam treze e nove espécies, respectivamente (Donkin, 1977).

Seja como for, depois da aproximação das frutas por mera curiosidade, não houve uma consideração econômica. Somente o carmin, um corante de alto valor, obtido do inseto cochonilha que vive em algumas espécies de *Opuntia* sp., foi considerado importante por suas qualidades comerciais, e foi provavelmente enviado à Europa em pequenas quantidades durante um breve período de tempo. Sabemos com certeza que em 1523 a Espanha o estava solicitando e que em 1544 "a Espanha importou uma grande quantidade a um alto custo", segundo Cervantes de Salazar (Donkin, 1977). Progressivamente enviaram-se à Europa quantidades maiores de *grana cochinilla*, como os espanhóis denominavam o corante, até chegar a representar a maior demanda depois dos metais preciosos. A natureza exata do pó foi debatida durante mais de um século e meio, uma vez que muitos achavam que ele se originava da semente ou que era uma exsudação. Somente mais tarde é que foi constatado que sua origem era animal, segundo Hartsoeker (1694), Van Leenwenhoek (1704) e De Ruuscher (1729) (Donkin, 1977; Scweppe e Roosen-Runge, 1986).

Apesar da importância econômica do carmin, a planta hospedeira não foi introduzida na Europa e a Espanha manteve o monopólio graças à proibição de exportar os cladódios infestados até séculos depois (em 1777), quando o médico francês Thiery de Menoville conseguiu levar o inseto para domínios franceses (Haiti). Posteriormente relatou-se a presença do inseto na Índia (1795) e somente no início do século dezenove na Europa, tendo havido tentativas de reproduzi-lo na França, na Espanha e na Itália. Em 1853 havia catorze locais ativos de produção na Argélia e entre 1850 e 1860 as Ilhas Canárias já exportavam duas vezes mais que a quantidade vinda da América (Donkin, 1977).

Como a planta não foi introduzida por razões econômicas, pode-se concluir que os europeus se sentiram atraídos por sua forma, que era totalmente nova para eles.

Um dos objetivos dos viajantes europeus era coletar plantas raras, assim a fruta de palma forrageira entrou na Europa sem problema. Oviedo y Valdés escreveu em 1553: "não posso me convencer se é uma árvore ou se é um dos monstros mais temerosos entre as árvores", ainda que não o dissesse isto em relação à fruta da palma forrageira. Suas palavras e pinturas não forneciam uma descrição adequada: "talvez Berreguete ou outro grande pintor como Leonardo da Vinci ou Andrea Manterna pudessem fornecer...".

As primeiras ilustrações conhecidas aparecem em *La historia general* de Oviedo y Valdés, editada em 1535, mas se baseavam em plantas observadas ainda na América. Sua introdução na Europa não está documentada, mas ocorreu antes de 1552, quando López de Gomara escreveu sobre a palma forrageira, sabendo que já era bem conhecida na Espanha (Donkin, 1977). A planta citada foi a *O. ficus-indica* ou *O. amyclaea*, conforme afirma Berger (1912). As primeiras opuntias possivelmente foram cultivadas perto de Sevilla ou Cádiz, os pontos terminais das viagens às Índias (Donkin, 1977), e daí se distribuíram aos jardins das mansões aristocráticas e a jardins botânicos.
Relatou-se que marcou presença na Itália aproximadamente em 1560, na Alemanha y na Holanda em 1583 e na Inglaterra em 1596 (Donkin, 1977).

A palma forrageira foi imediatamente apreciada como uma curiosidade e como objeto de decoração. Pier Andrea Mattioli, que em 1558 foi o primeiro a fazer um desenho baseado em

plantas já cultivadas na Europa, escreveu que "esta planta merece ser incluída entre os milagres da natureza" e na edição de 1568 de seu *Discorsi,* incluiu dois quadros que atestam a curiosidade despertada pela espécie. As frutas não foram consideradas (quase não amadureciam no norte da Itália) e Mattioli relatou as palavras de Oviedo e Valdés em relação a um de seus supostos efeitos nocivos: depois de comê-las, parecia que a urina se tornava vermelha.

Em 1580 Gian Vettorio Soderini retomou a origem da fruta mexicana e o assombro que provocava na época. Até o final do século, Agostin del Riccio incluiu-a entre as plantas que podem formar parte de um jardim ideal, um jardim de reis (Tangiorgi Tomasi, 1990). Uma pintura preciosa em cores da *Iconographia Plantarum* elaborada por Ulisse Aldovrandi apareceu na mesma época. Em 1600 o bispo de Eirshatt encarregou o *Hortus Eystehensis* que deveria providenciar todas as plantas para o jardim do palácio do bispo, e aqui também aparece um belo desenho das espécies. Também aparece no "Land of Plenty", quadro de Bruegel o Velho (de 1567 e hoje na *Alte Pinakothek* de Munique), que inclui uma *Opuntia*. No século dezessete se demonstra sua presença na Europa através de uma xilografia de A. Switzer (1650, hoje na *Biblioteca Nazionale Centrale* de Florença), onde aparece junto a outras plantas no Jardim do Éden, e através das palavras de J. Bahuin (1650/51): "se cultiva nos jardins das mansões dos nobres".

Esses espaços privilegiados foram as únicas áreas de cultivo nas regiões do norte, já que as plantas só podiam sobreviver em locais cobertos ou em estufas. Nas zonas mediterrâneas o clima era adequado e logo se constituíram em um dos elementos mais comuns e representativos dos ajardinamentos. A palma forrageira se espalhou na costa mediterrânea à medida que os pássaros comiam suas frutas, com o retorno dos mouros ao norte da África a partir da Espanha e em virtude de ser transportada como um anti-escorbútico (já que os cladódios toleram facilmente viagens longas sem perder sua habilidade para enraizar).

Quanto ao século dezoito, reporta-se sua presença na África do Sul (1772), Índia (1780), Filipinas (1695), China (1700) e Indochina (1790), ainda que seja perfeitamente possível que a planta tenha sido introduzida nesses países numa época anterior (Donkin, 1977).

SITUAÇÃO ATUAL

As opuntias são hoje parte do ambiente natural e dos sistemas agrícolas de muitas regiões do mundo. Algumas espécies podem atuar como ervas daninhas, como aconteceu na África do Sul e na Austrália, onde as condições ambientais são muito favoráveis. Esse comportamento como erva daninha parece acontecer em áreas onde a temporada úmida coincide com a alta temperatura (Wessels, 1988); em climas mediterrâneos a propagação natural é limitada pela umidade e pelas temperaturas frias do inverno, bem como pelas condições quentes e secas do verão.

A distribuição atual de opuntias no mundo inclui ambientes distintos e uma ampla faixa de espécies, o que se deve à sua alta variação genética, que se origina da grande diversidade ecológica das áreas de onde são nativas (Nobel, neste volume).

Em muitos países as opuntias servem para várias finalidades (Tabela 1). É difícil encontrar uma planta tão distribuída e explorada, sobretudo em zonas áridas e semi-áridas com economia de subsistência, que pela falta de recursos naturais e produtivos, forçam os agricultores e criadores (geralmente de animais de pequeno porte) a dar atenção a essas espécies, que podem aí sobreviver e produzir com rentabilidade. Assim, as opuntias se converteram numa fonte inesgotável de produtos e funções, inicialmente como uma planta selvagem e posteriormente como uma planta cultivada, tanto para uma agricultura de subsistência, quanto para uma agricultura orientada para o mercado (Barbera e Inglese, 1993). O desenvolvimento variou de acordo com as condições físicas e as características culturais de cada país.

Tabela 1.
Principais usos tradicionais, atuais e potenciais de opuntias.

ALIMENTO HUMANO	Frutas e casca de frutas (fresca, seca, enlatada, congelada, cristalizada). Suco; polpa; bebidas alcoólicas (vinho, licor, etc). Marmelada; compota; melaço da fruta. Doces; geléia; purês; adoçante líquido. Óleo comestível das sementes. Verdura (cladódios jovens frescos, processados em salmoura ou vinagre; pré-cozidos, congelados, geléia, doces).
ALIMENTO ANIMAL	Cladódios, frutas, sementes. Pastejo direto na planta.
ENERGIA	Biogás (cladódios, frutas); etanol (cladódios, frutas); lenha.
MEDICINA	Diarréia (cladódios); diurético (flores, raízes); disenteria amebiana (flores); diabetes (cladódios); hiperlipidemia (cladódios); obesidade (fibras); anti-inflamatório (cladódios).
COSMÉTICO	Xampu; creme umectante; sabonetes; adstringentes e loções para o corpo (cladódios).
AGRONÔMICO	Proteção do solo; cercas-vivas; quebra-vento; matéria orgânica.
OUTROS	Adesivos e colas; pectinas; fibras para artesanato; papel (cladódios). Corantes (frutas, produção de Dactylopius Coccus nos cladódios); mucilagem para a indústria alimentícia (cladódios); antitranspirantes (cladódios); ornamental.

MÉXICO

As opuntias apresentam um alto grau de diversidade genética e é aqui onde o homem as tem utilizado por mais tempo em comparação com outros lugares (Pimienta, 1993).

Os sistemas de produção mudaram com o tempo, mas nenhum sistema foi suprimido por completo. Os palmais nativos selvagens foram os primeiros a serem utilizados e os mais difundidos; abrangem 3 milhões de hectares e se encontram principalmente em Zacatecas, San Luis Potosí e Jalisco (Pimienta, 1990). As plantas são usadas para forragem, para produzir verdura (cladódios jovens) e para produção de frutas. Para esta última função a espécie mais relevante é a *Opuntia streptcantha* Lemaire. As frutas são usadas de muitas maneiras diferentes, como forma de minimizar os efeitos dos rendimentos sazonais essencialmente instáveis dessa região.

Um sistema de produção mais avançado é o das hortas familiares, que são jardins ao redor das casas do setor rural (ou originalmente a área ao redor dos assentamentos das populações nômades), onde os produtos das opuntias e, principalmente, *O. ficus-indica* Mill. e seus híbridos são utilizados, tanto para subsistência, quanto nos pequenos mercados locais. Essas hortas estão distribuídas nos estados de Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes e Guanajuato (Pimienta, 1990) e são, hoje, uma fonte relevante na preservação da diversidade genética da palma forrageira.

Durante as décadas de 1940 e 1950 houve uma maior demanda, razão porque alguns produtores nos estados de México, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco e Guanajuato implantaram as primeiras plantações modernas, a partir de uma seleção das melhores variedades das hortas familiares.

Esse sistema atingiu o máximo em 1985, quando se chegou a ter 80.000 ha plantados, resultado de programas sociais iniciados no fim da década de 1970 com a finalidade de aumentar o cultivo dessas espécies. Não obstante, recentemente reduziu-se a área, ou porque houve condições ambientais desfavoráveis, ou como resultado de técnicas de cultivo inadequadas. Atualmente esta cultura abrange cerca de 50.000 ha, localizados sobretudo em duas áreas: os estados do centro-norte Zacatecas (com 27,9 porcento da área total), San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco e Guanajuato com 25.000 ha, e os estados do centro-sul de Hidalgo, México, Tlaxcala e Puebla com 18.750 ha. Outras regiões produtoras incluem os estados de Durango, Querétaro, Coahuila, Oaxaca, Guerrero, Sinaloa, Veracruz y a Baixa Califórnia (Flores-Valdez, Gallegos-Vázquez, 1993).

Na área do centro-norte as plantações geralmente são menos produtivas que em outros lugares (3-15 tons de fruta/ha) devido à baixa precipitação (350-500 mm/ano) e cultivo pouco intensivo. Os melhores rendimentos (10-15 tons de fruta/ha) se obtêm nos estados de Hidalgo e México, devido a seu bom nível de intensidade e de precipitação (400-700 mm/ano) e em Puebla, onde a chuva atinge os 600 a 750 mm/ano e onde não há geadas. Outras diferenças se devem à época da colheita (abril-agosto em Puebla, julho-setembro em México e Hidalgo, agosto-outubro nas regiões do centro-norte) e ao maior número de variedades cultivadas na área do centro-norte.

Nos anos recentes intensificaram-se as atividades de pesquisa do cultivo e surgiram várias associações de produtores. Seu objetivo é racionalizar a comercialização e promover o consumo da fruta. Adicionalmente são responsáveis por interpretar os sinais do mercado mundial. Em função da sugestão de uma empresa da Califórnia (Estados Unidos), que trabalha com a importação de produtos exóticos, adotaram um novo nome: em vez do termo "prickly pear" (pera de espinhos) foi adotado "cactus pear" (pera de cactos) por ser mais representativo (Caplan 1990).

As opuntias não se utilizam apenas como plantas produtoras de frutas, já que elas também servem para outros propósitos econômicos. Seus povoamentos naturais são usados na criação de gado e, particularmente, demonstraram sua importância durante a época de seca, quando desempenham uma função fundamental no fornecimento da quantidade necessária de água e no complemento das necessidades nutricionais do gado (junto com outras forragens). Isso levou a uma sobreutilização em regiões desérticas que se encontram em processo de desertificação.

Finalmente temos o consumo de verdura, que é uma exclusividade do México. Os cladódios jovens com menos de um mês são utilizados na culinária tradicional mexicana. São obtidos tanto de palmais nativos selvagens, quanto de plantações cultivadas, destacando-se as de Milpa Alta, perto da cidade do México.

A criação de *Dactylopius Coccus* Costa para a produção do corante carmim também é economicamente importante, e se explora principalmente no estado de Oaxaca. Foram tomadas iniciativas no sentido de promover uma produção mais intensiva.

CHILE

A área destinada à *O. ficus-indica* nesse país abrange aproximadamente 1.000 ha, sendo que a maioria das plantações (80% do total) se encontra na área central do país, perto dos povoados de Til-Til, Noviciados e Pudahuel, onde as precipitações são de aproximadamente 400 mm/ano. As espécies plantadas proporcionam duas colheitas por ano, sem ajuda de qualquer técnica em particular, a saber: uma entre fevereiro e abril (6-9 tons de fruta/ha) e outra entre julho e setembro, que fornece uma pequena quantidade (2-4 tons de fruta/ha), porém muito apreciada. Esta última

colheita é estimulada com técnicas de aspersão e fertilização no fim do verão (Sáenz, 1985). Também se cria cochonilha numa área de 170 ha localizada no Vale Elqui, ao norte de Santiago.

OUTROS PAÍSES AMERICANOS

As opuntias são cultivadas e utilizadas em vários países latino-americanos. O Peru é o país que lidera a produção de corante carmim com 418 tons em 1992, o que representa aproximadamente 90% da produção mundial. Os palmais nativos selvagens nesse país abrangem uma área de cerca de 35.000 ha, principalmente nas regiões da serra andina e contribuem com 80% da produção total. Recentemente foram implantadas plantações intensivas com até 50.000 plantas por ha, sobretudo nas regiões de Arequipa, Moquegua, Lima e Ica (Díaz Pérez, informação pessoal).

No Brasil as opuntias representam uma importante forragem e são utilizados mais de 40.000 ha para essa planta nos estados nordestinos da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. Foram feitas pesquisas para estimular o cultivo intercalado de *Opuntia* sp. e outras plantas forrageiras, como o milho, com o propósito de obter um padrão alimentar mais balanceado para os animais. As frutas são consideradas de menor importância, não obstante são exportadas para a Europa nos meses de março e abril, a partir de plantações existentes no sudeste desse país. Recentemente tem havido um intenso intercâmbio de informações e material genético com outros países produtores, como México e Itália.

Na Bolívia a *O. ficus-indica* é muito conhecida e utilizada como uma espécie multiuso. Ela é cultivada nas regiões áridas, onde a quantidade de chuva é baixa entre novembro e março, e em diferentes altitudes (desde 1.500 a 3.000 m acima do nível do mar). Durante o período 1986/1987 uma organização não governamental de desenvolvimento rural contribuiu para o estabelecimento de mais de 500 ha para a produção de frutas e 130 ha para a produção de cochonilha (Tekelenburg, 1993), sobretudo nas áreas de Cochabamba, La Paz e Santa Cruz. As espécies *O. streptacantha* Lem. e *O. amyclaea* Ten também são conhecidas, difundidas e utilizadas para a produção de frutas (amarela e branca) num sistema misto agroflorestal.

As opuntias são conhecidas e cultivadas em outros países, como Argentina (regiões do nordeste e províncias de La Rioja e Córdoba) e Colômbia (departamento de Antióquia). Atualmente há maior interesse neste cultivo na Argentina (Ochoa de Cornelli, 1993).

Nos Estados Unidos as opuntias foram levadas em consideração na época da colonização da Califórnia, quando os frades franciscanos implantaram as primeiras plantações. No início deste século as seleções de *O. ficus-indica* criadas por Luther Burbank pareciam ser as de maior uso na dieta de homens e animais. Ele mesmo declarou que o desenvolvimento da palma forrageira sem espinhos "promete ser para a raça humana de valor tão grande ou maior que o descobrimento do vapor" (1911) (citado em Nobel, 1988).

Atualmente a palma forrageira é cultivada para a produção de frutas na Califórnia, onde ocupa uma área de 120 ha. Nos estados de Texas, Arizona e em algumas partes da Califórnia, as opuntias (principalmente a *O. lindheimeri*) são freqüentemente utilizadas como forragem de emergência (Rusel e Felker, 1987). Também há uma pequena indústria de processamento de frutas para a fabricação de marmelada.

Apesar da área cultivada ser limitada, seu sucesso comercial está aumentado, cabendo enfatizar que outros setores industriais nos Estados Unidos (como o de alimentos infantis) estão mostrando interesse nas opuntias (Hegwood, 1990).

ITÁLIA

A Itália, e a Sicília em particular, é um exemplo atípico da valorização da *O. ficus-indica*. Nesse país as palmas forrageiras já eram exploradas no século dezoito (Barbera *et al.*, 1992) e eram

cultivadas em sistemas agrícolas extensivos em locais cercados e como elementos multiuso. O objetivo era dispor de forragem de emergência, além da produção da fruta, de maneira que eram de muita importância para satisfazer as necessidades da população rural. Por essa razão, as palmas forrageiras eram conhecidas como o "pão do pobre", e um agrônomo francês que visitou a Sicília por volta de 1840 escreveu que eram o "maná, a bênção da Sicília", e que "significavam para a Sicília o mesmo que as bananeiras para os países equatoriais ou a fruta-do-pão para as ilhas do Pacífico" (Biuso, 1875).

Todavia, nas costas e, especificamente, perto das cidades principais, o cultivo da fruta também tinha interesse para os mercados e para exportação para o continente. Esse sucesso comercial fortaleceu-se pela utilização de técnicas de cultivo - chamadas *scozzolatura* - para obter frutas durante o outono, frutas essas melhores que as colhidas em agosto. Entre 1950 e 1960 estabeleceram-se plantações com aspersão, embora as plantações modernas com novos critérios para a indústria frutícola tenham se estabelecido a partir de 1975. As condições gerais da agricultura siciliana favorecem o desenvolvimento de novas plantações, o que significa uma alternativa para as culturas exploradas tradicionalmente no continente. Sem dúvida, a palma forrageira se desenvolve sob condições ambientais que limitam o desenvolvimento de outras culturas.

A cultivo da palma forrageira na Itália se concentrou na Sicília, que abrange cerca de 90% da produção total, com 2.500 ha de plantações "especializadas" e 25.000 ha de plantações com finalidades "múltiplas". Há três regiões importantes: Montanhas de San Cono, Monte Etna e as regiões sudoeste e o Vale de Belice. A precipitação anual é de cerca de 600 mm, cultivam-se poucas variedades e a colheita vai de agosto a novembro. Com aspersão o rendimento pode chegar a 25 tons de fruta/ha (Basile, 1990).

Em virtude do aumento da demanda por uma dieta mais diversificada e do uso de produtos raros, houve um aumento no consumo da fruta em toda a Europa durante a última década.

OUTROS PAÍSES EUROPEUS

Apesar da presença da *O. ficus-indica* em toda a costa mediterrânea, a Itália é o único país em que ela é cultivada em grande escala.

Na Espanha (Andaluzia, Múrcia, Almeria e Ilhas Baleares) ela só é encontrada em lotes familiares ou raramente em plantações especializadas ou mistas com amendoeiras. Nas Ilhas Canárias (Lanzarote) a única exploração se destina à produção do corante, obtido do *Dactylopius* (Hoffmann, neste volume).

A palma forrageira também é cultivada em Portugal e na Turquia e as frutas são exportadas algumas vezes. Na Grécia se encontra a palma forrageira de maneira nativa ou cultivada, tanto no continente, como nas ilhas.

ÁFRICA DO SUL

Na República Sul-Africana e países vizinhos a palma forrageira encontra condições ambientais favoráveis.

Inicialmente as opuntias foram introduzidas na região da Cidade do Cabo no século dezessete pelos colonizadores europeus. Até 50 anos atrás elas haviam infestado aproximadamente 900.000 ha a oeste da Cidade do Cabo e em Karoo. Essa infestação foi quase totalmente eliminada por controle biológico, em razão de esforços oficiais visando a erradicação das espécies com espinhos, proibindo-se a propagação dessas plantas.

As plantas sem espinhos de *O. ficus-indica* não estavam incluídas na regulamentação e sua importância econômica não foi afetada (Brutsch e Zimmermann, 1993).

Quanto à utilização como forragem, em 1914 o Instituto de Pesquisas de Grootfontein introduziu vinte e cinco variedades sem espinhos, selecionadas por Burbank nos Estados Unidos, que se difundiram na região de Karoo (Wessels, 1988). Atualmente as variedades com espinhos são utilizadas como forragem, embora hajam diversas iniciativas nas regiões de Ciskei e Karoo para aumentar a produção com plantações de palmas forrageiras sem espinhos.

A produção de frutas foi relevante durante a década de 1960 nos mercados locais, sendo um negócio tradicional nas beiras das estradas e se baseando em palmais nativos selvagens, que foram substituídas por plantações específicas (Brutsch, 1984).

A partir de 1980 estabeleceram-se as primeiras plantações intensivas e especializadas nas áreas de Transvaal e Ciskei. Atualmente abrangem cerca de 1.500 ha e um de seus objetivos é o de chegar aos mercados do hemisfério norte numa época adequada sob o ponto de vista comercial (por exemplo: dezembro-abril).

NORTE DA ÁFRICA

Nas regiões de estepes do norte da África, as opuntias acompanharam a transformação das tribos nômades em comunidades rurais, o que representa uma etapa intermediária entre a atividade de pastoreio de ovelhas e a agricultura permanente (Monjauze, Le Houérou, 1965).

De acordo com Le Houérou (1985), a *O. ficus-indica* ocupa cerca de 200.000 ha em todo o norte da África, sendo 60-80.000 ha somente na Tunísia.

No Marrocos ela se encontra disseminada e é utilizada principalmente em El Rif, nas regiões baixas do nordeste e do noroeste, na planície central, nos altos e planaltos do Atlântico e nas planícies de Piedmont. Na área de El Rif caem 500 a 600 mm anuais de chuva, enquanto que nas áreas do sul, onde caem apenas 200 a 400 mm anuais de chuva, é fácil encontrar populações naturais e plantações. Na Argélia a palma forrageira é encontrada na região costeira (Teniet El Had e Annaba) e continente adentro (Tebessa e Batma), onde as quantidades de precipitação são análogas às do Marrocos. Na Tunísia a palma forrageira é encontrada nas regiões centro-norte.

Nessas regiões encontram-se os tipos com e sem espinhos, sendo ambos utilizados. Como as variedades sem espinhos parecem ser mais sensíveis às baixas temperaturas, nos planaltos só se encontram os tipos com espinhos

No Marrocos e na Argélia as opuntias têm uso múltiplo. Nas regiões do norte de ambos os países não há culturas específicas para a produção de frutas ou forragem e elas são utilizadas mais como cercas-vivas ao redor das casas e pequenos povoados, e também como quebra-vento. As plantas das cercas-vivas também são utilizadas para a produção de frutas e, no caso de seca, para forragem. As frutas também são colhidas de plantas selvagens (principalmente na Argélia) e utilizadas para consumo próprio ou vendidas em mercados locais.

Nas regiões sul dos dois países os campos de *Opuntia* são pequenos, densos e de tamanho irregular. Embora as frutas sejam sempre consumidas pelas pessoas e vendidas nos mercados, a produção de forragem adiciona importância a seu cultivo. Não há muito conhecimento a respeito dos diferentes usos que podem ter as frutas. O mais comum no sul do Marrocos é o uso da polpa seca como alimentação da gente pobre, embora também se conheça seus usos medicinais.

Os cladódios de *Opuntia* são utilizados nas regiões do sul de ambos os países e, principalmente, na época de seca como alimento de emergência para os camelos, cabras e bodes. Freqüentemente são usadas também em zonas pré-desérticas como ferramenta para combater a erosão.

ORIENTE MÉDIO

A palma forrageira é utilizada em muitos países, embora seja pouco cultivada na região. Há plantações na Jordânia e no Egito, havendo cerca de 400 ha na província de Qualyuba.

Em Israel tem sido objeto de estudo em projetos de pesquisa e nos últimos 15 anos foram feitas plantações nas regiões de Arava, a oeste de Negev (aproximadamente 200 ha) e nas montanhas. Nessas condições ambientais as frutas amadurecem de fins de junho a fins de agosto, havendo uma segunda floração induzida por práticas de manejo e cujas frutas amadurecem entre dezembro e abril. As frutas também são exportadas para a Europa.

PERSPECTIVAS

Nos últimos anos aumentou consideravelmente o interesse econômico em relação à palma forrageira, sobretudo nas zonas áridas e semi-áridas. A quantidade de áreas onde ela é cultivada aumentou, a oferta de vários produtos e sua presença no mercado mundial também aumentaram. Também não podem ser desprezadas as diversas atividades nacionais e internacionais de pesquisa (Pimienta Barrios *et al.*, 1993). Mais ainda, pesquisadores e produtores intensificaram sua interação para consolidar a cooperação. O exemplo mais recente é a mesa redonda que se realizou em Guadalajara, México, em agosto de 1993 e onde surgiu a rede internacional de cooperação técnica criada sob os auspícios da Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO). Até a presente data catorze países entraram em acordo para participar da rede.

A razão do maior interesse nas opuntias e, em particular, na *O. ficus-indica* é a importante função que elas podem ter no sucesso dos sistemas de agricultura sustentável em zonas áridas e semi-áridas. Isso se deve a seu alto grau de resistência à seca a às altas temperaturas, a sua adaptabilidade a solos pouco férteis, a sua alta produtividade decorrente de sua alta eficiência no uso da água, bem como à função econômica que pode desempenhar no aumento da viabilidade e eficiência econômica, nos lotes pequenos e médios de agricultores de baixa renda, que buscam produzir para sua subsistência ou para alcançar os mercados nacional ou internacional.

Na medida em que a palma forrageira requer pouca água e energia, adquire uma relevância importante, não apenas em regiões que sofrem de problemas ambientais e de falta de recursos, mas também em áreas desenvolvidas que se interessam em sistemas de produção intensiva com reduzido impacto ambiental.

Em adição ao exposto, em alguns sistemas multifuncionais as opuntias são importantes para a proteção do solo, além de sua função básica como planta que pode produzir alimentos e matéria prima. Mais ainda, vários testes de simulação para detectar áreas potenciais de cultivo e para prever os possíveis efeitos em termos de produtividadecom o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera, mostraram que a palma forrageira pode desempenhar uma função muito mais importante no futuro, nos sistemas agrícolas, de pastoreio e florestais de regiões áridas e semi-áridas. O efeito estufa (devido a uma maior concentração de CO_2 e outros gases na atmosfera) levará a uma maior expansão e produtividade da espécie. Por exemplo, se a concentração de CO_2 fosse duas vezes maior, haveria um aumento na eficiência do uso da água, associado a uma maior produção de biomassa que, em diferentes condições experimentais, aumentou em 25 a 55% (Nobel, García de Cortázar, 1991; Cui *et al.*, 1993). Por outro lado, o aumento da presença da palma forrageira também poderia ser uma estratégia para dificultar o acúmulo de CO_2 na atmosfera: várias iniciativas de reflorestamento resultarão em depósitos de carbono reduzido e um maior uso de combustíveis vegetais pode ajudar a substituir os combustíveis fósseis, que são os responsáveis pelas principais alterações da composição do ar atmosférico. Uma plantação de palma forrageira pode funcionar como um depósito de carbono nas regiões áridas e semi-áridas em que as mudanças de clima podem ocorrer com mais freqüência e mais acentuadamente (Parry, 1990). Finalmente, com o uso da palma

forrageira para fins energéticos, os combustíveis dela derivados liberariam uma quantidade de CO_2 igual à absorvida da atmosfera durante seu crescimento.

Tudo o que foi exposto até o momento requer atividades adicionais de pesquisa e desenvolvimento, bem como mais estudos de comercialização que permitam identificar as necessidades do consumidor e determinar novas estratégias comerciais. No que se refere à palma forrageira como cultura frutícola, os conhecimentos atuais são insuficientes, embora maiores que os disponíveis para os demais propósitos, e os problemas agronômicos são limitantes críticos para sua expansão (Inglese *et al.*, 1994b). A produtividade em si não deveria ser considerada uma limitante maior, já que a produção de frutas excede a de muitos outros pomares cultivados em zonas áridas e semi-áridas, como pistácia, amêndoa, alfarroba e azeitona. Mesmo assim, há discrepâncias na produção entre regiões e de ano para ano, como resultado de mau manejo. A opinião generalizada, porém errônea, de que a palma forrageira necessita de baixos insumos para dar alto rendimento resultou em que poucas informações científicas fossem repassadas ao agricultor, deixando-se, assim, de se adotar um manejo adequado no cultivo. A experiência italiana demonstrou que um manejo racional da plantação permite melhorar e padronizar os rendimentos e a qualidade da fruta com baixos custos de implantação, manejo e energia (Barbera e Inglese, 1993). O pouco conhecimento da interação planta-ambiente também é responsável pela flutuação dos rendimentos em termos de tempo e ambiente. Na medida em que se aumente o conhecimento da influência do ambiente sobre a produtividade e qualidade da fruta, poder-se-á fazer uma avaliação racional da terra adequada para uma produção rentável. E mais, o germoplasma existente deve ser caracterizado em termos de adaptação ecológica, fertilidade, produtividade, época de maturação e qualidade da fruta. É possível que a maior limitante do potencial frutícola da palma forrageira seja o baixo valor econômico de suas frutas, que, embora apreciadas pelas comunidades rurais, ainda não é do agrado dos ricos mercados internacionais. O consumo tem sido principalmente de natureza étnica, uma vez que está limitado aos imigrantes de origem rural, que já o conheciam em sua terra natal. Em países como a França, a Alemanha e a Bélgica sua demanda se circunscreve aos trabalhadores migrantes procedentes da Itália e, mais recentemente, do norte da África, enquanto que nos Estados Unidos é a população latino-americana que consome a maior parte do produto.

Esses mercados étnicos têm limites óbvios, e o mercado como um todo só se expandirá quando existir uma categoria diferente de consumidor, que seja curioso em relação a produtos raros e exóticos e que não tenha relação alguma com as regiões consumidoras tradicionais. As expectativas são boas, tendo em vista que uma pesquisa de opinião feita na Alemanha mostrou que 60% dos entrevistados deram resposta positiva ou muito positiva referente à intenção de comprar a fruta que acabavam de provar pela primeira vez (Woigardt, 1988).

Sem dúvida, várias condições deverão ser preenchidas para que uma fruta penetre com sucesso em novos mercados: campanhas de promoção para que se torne conhecida e para eliminar a desconfiança das pessoas, distribuição efetiva, e que tenha uma "maneira adequada de consumo". Incluem-se neste último item todas as características funcionais do produto e que contribuam para sua boa qualidade, da tal forma que se deve explorar suas qualidades de mercado e de consumo. A comercialização adequada envolve os requisitos que satisfaçam as demandas das cadeias atuais de distribuição e mercado de frutas, como capacidade de armazenagem, boa resistência ao transporte e manuseio, épocas de demanda do produto e boa apresentação. Os consumidores também prestam atenção aos aspectos organolépticos e nutritivos, sem esquecer as características de bem-estar para a saúde e a conveniência de uma fruta dirigida a uma população educada e consciente de sua saúde. Sob esse aspecto, a presença de gloquídios e de sementes graúdas e duras são as principais limitantes para aumento do consumo. Os gloquídios podem ser eliminados depois da colheita, mas a tecnologia deve ser melhorada e os consumidores devem ser educados. Deve-se também estimular a seleção e a melhoria genética de variedades sem gloquídios. A redução da quantidade de sementes é

outra meta para pesquisas futuras. A grande variabilidade entre as populações selvagens e as cultivadas é uma evidência de que a seleção e o melhoramento devem ser estimulados.

As perspectivas futuras também dizem respeito à verdura de palma forrageira. Seu uso atual está limitado ao México, mas um produto com valor nutritivo adequado, que pode crescer sob condições desfavoráveis, sem dúvida será importante para muitas outras regiões. Têm havido importantes modificações nas técnicas de cultivo e na conservação pós-colheita, mas ainda há necessidade de avanços na seleção de novas variedades e no processamento de vários produtos. Sem dúvida o consumo dos cladódios da palma forrageira deve ser incentivado nos países onde não há essa tradição. O exemplo da África do Sul pode ser útil, já que estiveram fazendo pesquisas e programando a introdução da palma forrageira. Por outro lado, além de ser um alimento nutritivo de baixo custo para uma população de baixa renda, a verdura de palma forrageira pode se converter em uma "especialidade" para consumidores com poder aquisitivo (assim como o México exporta para o Japão).

Com relação ao potencial de produtos não alimentícios, o corante carmim e seus derivados são os mais seguros para desenvolvimentos futuros, tendo em vista a atitude positiva dos mercados internacionais para com os corantes naturais. As potencialidades desses mercados devem ser pesquisadas minuciosamente e é necessário que se desenvolva um sistema mais eficiente para a extração e a purificação de qualidade e quantidade do corante. Deve ser avaliada com mais precisão a eficiência de novos sistemas que forneceram resultados contraditórios no México e na América do Sul. Também deve-se pesquisar mais o uso na biomedicina.

Finalmente, a exploração de várias espécies de *Opuntia* sp. para forragem pode perfeitamente responder às necessidades econômicas e ambientais de regiões áridas e semi-áridas, assim como de países pobres face às esperadas mudanças climáticas globais. Apesar das diferenças maiores ou menores de condições ambientais e sociais, bem como das características do gado de cada localidade, as opuntias são um produto muito relevante, tanto para as necessidades nutritivas dos animais , como para a colheita e a armazenagem de água. Assim, poderiam ser amplamente utilizadas, não só por razões econômicas e ecológicas, mas também poderiam salvar grandes áreas da desertificação, graças a suas qualidades multifuncionais. Com certeza a erosão da terra, a sobreutilização dos pastos e a salinização poderiam ser reduzidas com sua disseminação.

Resta ainda um longo caminho a percorrer nesse campo para a identificação das espécies e variedades com alto teor de proteínas e boa resistência a temperaturas baixas, salinidade e baixa umidade. Mais ainda, devem-se estabelecer as tecnologias mais adequadas de colheita e tratamento, e descobrir outras espécies capazes de otimizar o valor nutritivo das variedades de forragem.

Se as pesquisas atingirem esses objetivos para o bem das regiões mais pobres do planeta, a palma forrageira será incluída entre os "tesouros inestimáveis" (Prescott, 1998) que as populações nativas da América tornaram conhecidos em todo o mundo há mais de 500 anos.

ETNOBOTÂNICA

por **W. Hoffmann**

Fachhochschule Wiesbaden, Geisenheim, Alemanha

O PAPEL DESEMPENHADO PELAS CACTÁCEAS NA CULTURA MEXICANA

As cactáceas são plantas suculentas originalmente existentes apenas no continente americano, e estão distribuídas principalmente nos trópicos. Há uma grande quantidade de espécies no México, que possui a mais antiga evidência de seu uso na alimentação humana, encontrada nas escavações arqueológicas realizadas nos vales de Tehuacán, Puebla, que datam de cerca de 6.500 anos A.C (Smith, 1967).

Essas plantas e seus produtos desempenharam importante papel na vida econômica, social e religiosa dos Astecas. Por isso algumas expressões da Cultura Mexicana pré-hispânica e contemporânea nos mostram a importância que elas já possuíram, ou mesmo, que ainda possuem nesse país, tais como: a capital da Civilização Asteca chamava-se Tenochtitlán – Grande Palma Sagrada – cuja Bandeira mostrava uma palma forrageira crescida sobre uma pedra (Bravo 1978); as Armas Nacionais Mexicanas orgulhosamente bordadas em sua Bandeira, são derivadas de um desenho asteca – o *Codex Mendoza* – que mostra uma águia sobre um pequeno arbusto de palma forrageira (Figura 1) e por fim, os nomes de algumas cidades atuais, que guardam a palavra asteca *nochtli* (referente à palma forrageira), como: Nocheztlán, Nochtepec, Xoconochtli, etc.

Ao contrário de todas as outras cactáceas, que só agora começam a ser cultivadas experimentalmente, como o *Stenocereus stellatus*, o gênero *Opuntia* – que inclui a nossa palma forrageira – vem sendo plantado pelo homem há milhares de anos, e juntamente com o milho e o agave são as plantas com cultivo mais antigo no México. Essa preferência pelas opuntias possivelmente se originou da facilidade de sua multiplicação vegetativa, e na precocidade de produção de suas frutas. Adicionalmente a isto, essas frutas são as preferidas da população, tidas como sendo de qualidade superior às demais.

Sabe-se que as plantas cultivadas são os alicerces de culturas e civilizações humanas. De fato, elas liberaram nossos antepassados das restrições de uma vida nômade, resultando nas primeiras populações assentadas urbanas. Não resta a menor dúvida que a domesticação das plantas cultivadas é uma das maiores revoluções da humanidade, cuja história foi escrita pelo potencial em se deixar manejar de algumas plantas selvagens, e pelo árduo trabalho dos homens que as plantavam e supervisionavam seus crescimentos e produções. Isto resultou numa melhor relação desses homens com os recursos naturais disponíveis de seu ambiente, elevando seu nível cultural e sua qualidade de vida.

Possivelmente deste mesmo modo, o cultivo das opuntias no México evoluíu através dos séculos, cujos três principais marcos evolutivos podem ser assim escalonados: extrativismo vegetal em palmais nativos selvagens pelo homem nômade; plantações de palmas forrageiras selvagens em hortas familiares ao redor dos primeiros assentamentos humanos e o cultivo atual do homem civilizado, com variedades cultivadas modificadas por métodos seletivos, produzidas em sistemas intensivos de uso de insumos modernos, com fins mercadológicos (Hoffmann, 1983).

Figura 1. *Codex Mendoza*. Uma águia sobre um pequeno arbusto de palma forrageira.

ORIGEM E EVOLUÇÃO DO USO DA PALMA FORRAGEIRA

A Figura 2 mostra esquematicamente a origem e a evolução do uso da palma forrageira no México (Hoffmann, 1983). Atualmente esta evolução tem prosseguido, e estende-se ao seguinte: cultivo intensivo de verdura de palma forrageira sob túneis de plástico; reinício da produção de cochonilha e extração de componentes da palma forrageira por agroindústrias específicas.

Quanto ao cultivo intensivo de verdura de palma forrageira feito principalmente nas cercanias da Cidade do México, pode-se admitir que existem dois grandes e diferentes sistemas de produção. O primeiro deles – feito pelos agricultores de Chinampas, perto de Xochimilco – utiliza a farta oferta de água para irrigação em seus cultivos, e invertem intensivamente insumos agrícolas modernos. O segundo deles – feito pelos agricultores de Milpa Alta – emprega técnicas de cultivo sob as condições áridas dessa área (técnicas de sequeiro), baseadas na alta eficiência no uso da pluviosidade natural da palma forrageira; na alta fertilidade natural do solo vulcânico dessa área e na alta oferta de esterco bovino das granjas leiteiras das redondezas, utilizado como cobertura morta e matéria orgânica no solo.

Nos outros quatro continentes do mundo, os cultivos das opuntias mexicanas também têm evoluído e serão melhor avaliados no decorrer deste livro. Porém, todos possuem origem comum: sabe-se que desde 1520 as opuntias mexicanas foram levadas para a Europa, de onde se dispersaram, a partir do Mediterrâneo, para a África, a Ásia e a Oceania. Todavia, nem sempre essas introduções produziram resultados positivos para as populações locais, como ocorreu na Austrália e na África do Sul, onde a introdução de espécies de palma forrgeira com espinhos chegaram a infestar talvez mais de 1.000.000 de hectares em cada um desses países. Sabe-se também, que nem mesmo os esforços do genial agricultor californiano Luther Burbank, que selecionou espécies sem espinhos no início do século vinte, juntamente com o bem fundamentado trabalho de David Griffiths, este último apoiado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, foram capazes de anular o preconceito que se criou contra essas plantas nesses países e em outros lugares (Benson, 1982).

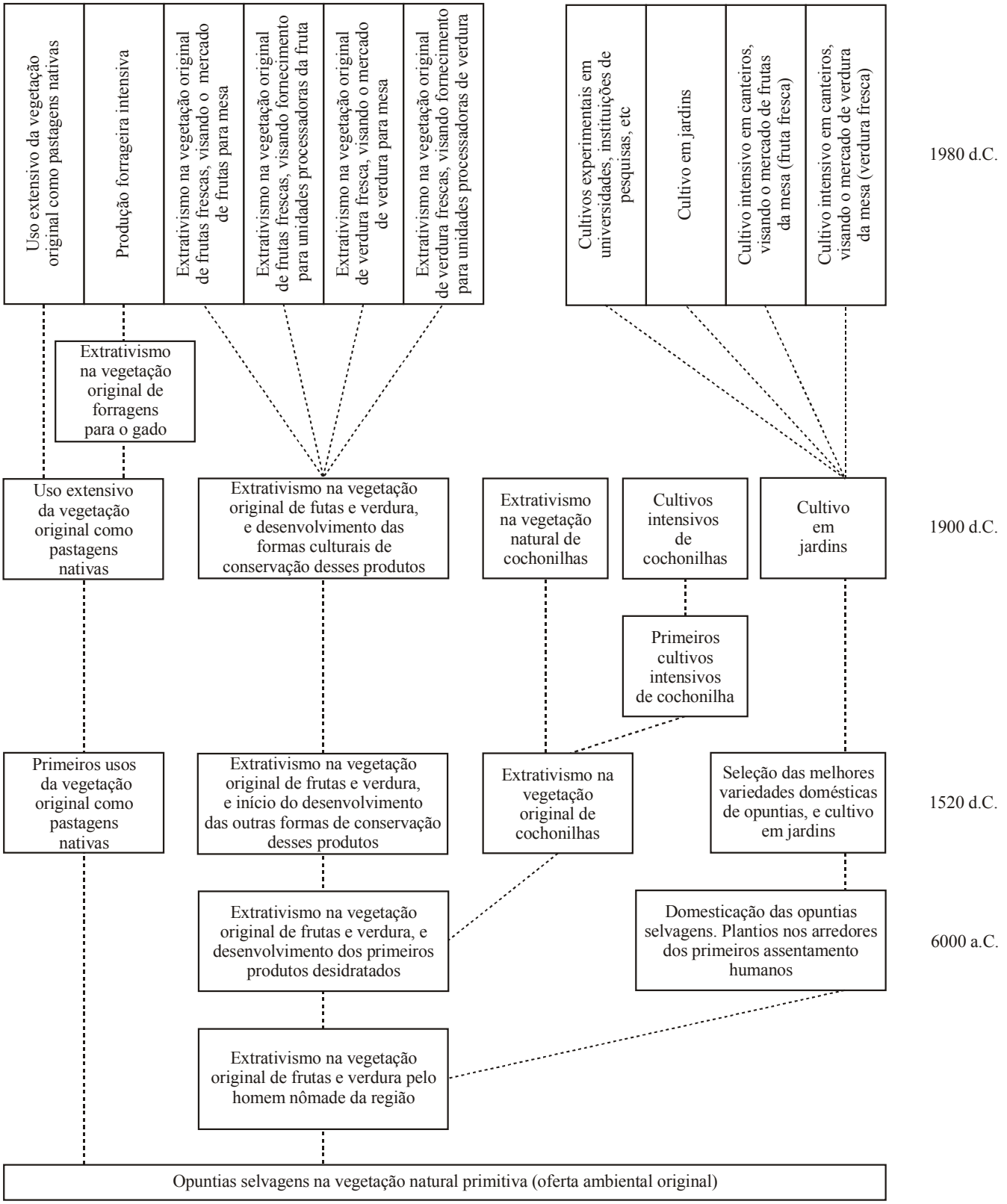

Uso extensivo da vegetação original como pastagens nativas
Produção forrageira intensiva
Extrativismo na vegetação original de frutas frescas, visando o mercado de frutas para mesa
Extrativismo na vegetação original de frutas frescas, visando fornecimento para unidades processadoras da fruta
Extrativismo na vegetação original de verdura fresca, visando o mercado de verdura para mesa
Extrativismo na vegetação original de verdura frescas, visando fornecimento para unidades processadoras de verdura
Cultivos experimentais em universidades, instituições de pesquisas, etc
Cultivo em jardins
Cultivo intensivo em canteiros, visando o mercado de frutas da mesa (fruta fresca)
Cultivo intensivo em canteiros, visando o mercado de verdura da mesa (verdura fresca)
1980 d.C.
Extrativismo na vegetação original de forragens para o gado
Uso extensivo da vegetação original como pastagens nativas
Extrativismo na vegetação original de futas e verdura, e desenvolvimento das formas culturais de conservação desses produtos
Extrativismo na vegetação natural de cochonilhas
Cultivos intensivos de cochonilhas
Cultivo em jardins
1900 d.C.
Primeiros cultivos intensivos de cochonilha
Primeiros usos da vegetação original como pastagens nativas
Extrativismo na vegetação original de frutas e verdura, e início do desenvolvimento das outras formas de conservação desses produtos
Extrativismo na vegetação original de cochonilhas
Seleção das melhores variedades domésticas de opuntias, e cultivo em jardins
1520 d.C.
Extrativismo na vegetação original de frutas e verdura, e desenvolvimento dos primeiros produtos desidratados
Domesticação das opuntias selvagens. Plantios nos arredores dos primeiros assentamento humanos
6000 a.C.
Extrativismo na vegetação original de frutas e verdura pelo homem nômade da região
Opuntias selvagens na vegetação natural primitiva (oferta ambiental original)

Figura 2. Origem e evolução do uso da palma forrageira no México (até 1980)

O PAPEL DESEMPENHADO NA RELIGIÃO INDÍGENA E NA MEDICINA POPULAR

Como em outras culturas, também no México antigo as plantas tiveram função na religião. Devido ao grande número de espécies e à sua densa população, as cactáceas desempenharam importante papel. Plantas em forma de taça, como *Echinocactus* e *Mammillaria,* eram chamadas de "comitl" ou "huitznahuac" (Bravo, 1978). A *Echinocactus,* chamada de "teocomitl" (taça sagrada), aparece em várias gravuras astecas da época, e era usada sobretudo como mesa para o sacrifício dos capturados. A outra planta servia como depósito para armazenamento de provisões.

Os espinhos de uma espécie considerada sagrada serviam para os auto-sacrifícios dedicados ao Deus Huitznahuac, e brotos de plantas do subgênero *Cylindropuntia* eram colocados como amuletos nas janelas e portas para espantar os maus espíritos. Uma adoração religiosa era dedicada à relação que faziam entre o Sol e a Palma Sagrada ou “Tenochtli” como eles a chamavam. Note-se que o aumentativo desta palavra denominava a capital da Civilização Asteca.

Uma grande quantidade de literatura em várias línguas relaciona as cactáceas com a mescalina que contêm. Em lendas, histórias e tradições dos Tarahumaras, Huicholes e outros índios nativos do norte do México, os lofóforos, chamados de *peyote* ou *jiculi,* e outros gêneros com propriedades alucinógenas, possuíam papel importante nas festividades e rituais religiosos feitos em lugares e templos sagrados (Bravo, 1978).

A medicina tradicional dos Seris se resumia a água misturada com suco de palma forrageira, o que constituía a base de uma solução contra a diarréia. Um chá de uso muito popular feito das raízes de *Opuntia bigelovi* Engelm., possui efeito diurético comprovado cientificamente (Meyer e McLaughlin, 1981). Outra bebida, feita a partir das gemas vegetativas da palma forrageira que se situam perto do solo, ainda hoje existente no México, se administra às mulheres com dificuldades no parto. Em anos mais recentes houve muita pesquisa sobre os possíveis efeitos "anti-diabéticos" da verdura de palma forrageira, embora esse efeito não liberte o diabético das limitações impostas pela dieta. A aplicação dos cladódios de palma forrageira cortados em finas fatias sobre pele queimada ou sobre inchações é uma prática muito comum, sendo um procedimento similar ao uso de folhas de outras suculentas como algumas espécies de babosa *(Aloe sp.).*

O PAPEL DESEMPENHADO NA DIETA INDÍGENA E NA CULINÁRIA POPULAR

Em seu relatório da trágica expedição de Narváez de 1528 a 1536, um sobrevivente chamado Álvaro Nuñez Cabeza de Vaca escreveu: "...até o momento em que eles cheguem a uma planície onde possam comer figos de cactos. Trata-se de uma fruta do tamanho de um ovo, de cor vermelha a preta com um sabor agradável. Os índios as consomem durante três meses do ano, período em que não comem outra coisa... Para eles essa é a melhor época, porque não há fome e passam o tempo todo dançando. Comem essa fruta dia e noite, enquanto há bastante para comer. Eles a pressionam, abrem e espalham para secar. Depois as colocam em cestos e as guardam para comer durante o retorno. As cascas são moídas em pó".

Desta e de outras maneiras o uso das opuntias selvagens e de outras cactáceas, representou uma proporção importante na alimentação da população indígena mexicana durante milhares de anos. Todas as partes da planta eram utilizadas: raízes, brotos, flores e frutas. Atualmente há várias influências desses hábitos indígenas na culinária popular mexicana, como o uso da verdura de palma forrageira em várias combinações de receitas, o uso de brotos florais, e o uso das pétalas das flores das opuntias que são adicionadas a pratos de carne.

Assim como o povo asteca desenvolveu essa fruta desidratada de palma forrageira (fruta-passa), visando utilizá-la muito tempo depois de colhida, o atual povo mexicano, animado pela mesma necessidade de ter à sua disposição uma oferta constante de alimentos durante o ano, desenvolveu, a partir dessa mesma fruta-passa, uma enorme gama de produtos alimentícios

artesanais, sendo esses três os principais: o melaço; o doce em calda; e o doce de corte em barra (marmelada). Todos esses deliciosos produtos, que se conservam durante muito tempo, são originários dos pequenos estabelecimentos familiares situados nas regiões áridas de San Luis Potosí e Zacatecas.

PAPEL E IMPORTÂNCIA NA AGRICULTURA DE SUBSISTÊNCIA

Na agricultura familiar que tradicionalmente vem sendo feita no árido planalto do norte do México, a palma forrageira e o agave são as espécies predominantes. O agave, do qual se obtêm as bebidas alcoólicas *tequila* e *pulque*, pelo fato de possuir desenvolvimento inicial bastante lento, só pode ser colhido depois de 10 anos de cultivo, enquanto que os produtos da palma forrageira, verdura e fruta, podem ser colhidos respectivamente depois de seis meses e três anos de cultivo. Adicionalmente a esses dois cultivos, são plantados anualmente o milho e o feijão, que constituem a base da subsistência alimentar e o ingresso monetário principal desses pequenos estabelecimentos agrícolas. Ao contrário do cultivo perene das opuntias e agave que são plantas suculentas resistentes à seca, o cultivo anual do milho e do feijão vem sendo freqüentemente afetado pela distribuição irregular das chuvas dessa região.

Existe uma grande variedade genética nas palmas forrageiras cultivadas neste sistema agrícola, sendo hoje considerada de grande importância para o futuro da agricultura desssas espécies (banco de germoplasma adequado). Outras variedades estão preservadas pelo hábito antigo de usar cercas-vivas feitas de palmas forrageiras, que ainda hoje rodeiam vilas rurais, sedes de fazendas e mesmo as hortas familiares destes estabelecimentos. Os tipos e híbridos atuais cultivados na agricultura comercial moderna são originários da manipulação humana ou mesmo do cruzamento casual dessas variedades antigas.

Enquanto que a produção de frutas vem persistindo nesses estabelecimentos familiares do norte do país, com seus métodos agrícolas extensivos antigos, a produção de verdura vem se situando ao redor dos grandes centros urbanos, cuja pressão fundiária, levou ao aparecimento dos métodos agrícolas intensivos modernos. Esses diversos métodos de produção (tradicionais e modernos) produziram uma visível diferença no tamanho das empresas rurais dedicadas à fruta ou à verdura (Figura 3).

Nos últimos anos, em razão dos baixos preços pagos pelas indústrias pelas frutas de palma forrageira, houve aumento na migração da população rural dessa região para os grandes centros urbanos. Do mesmo modo, a industrialização muito difundida atualmente dos produtos derivados dessa fruta também pode causar uma redução no número de empregos rurais, tornando duvidoso o futuro próximo desses centenários estabelecimentos agrícolas.

É bom lembrar que até meados do século dezenove, quando o aparecimeto de corantes químicos dominou o mercado mundial, o cultivo do inseto cochonilha (*Dactyloplus coccus* Costa), que produz o corante escarlate do carmin, representava importante ingresso monetário nesses estabelicimentos, bem como nos estabelecimentos do sul do país, principalmente em Oaxaca. Este produto era o terceiro artigo de exportação mais importante do México, perdendo em importância econômica apenas para o ouro e para a prata. Atualmente há novo interesse mundial em sua produção, entretanto ainda é cedo para avaliar se isso poderá produzir impactos positivos na vida desses agricultores.

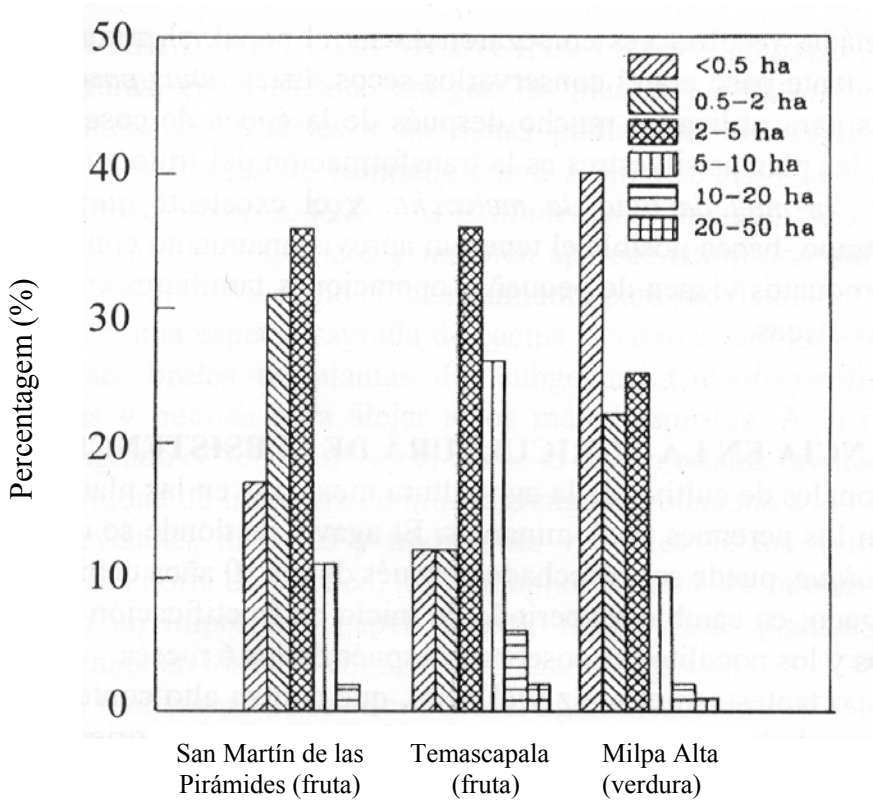


Figura 3. Distribuição percentual dos tamanhos das empresas agrícolas, de acordo com um estudo realizado através de entrevistas.

USOS TRADICIONAIS NA AMÉRICA LATINA

De todas as cactáceas em sua distribuição original, a palma forrageira é a mais difundida no continente americano. Nos outros continentes só é comum encontrá-la de maneira cultivada. Todavia, em nenhum outro país desempenha um papel tão importante como no México.

Isso é devido parcialmente à baixa adequação ecológica da maioria das espécies mexicanas nos demais países da América Latina. Também é válido mencionar que a esfera cultural histórica, os mitos e a religião no México desempenharam um papel importante em seu desenvolvimento. Por isso vem sendo possível transferir as opuntias usadas na agricultura familiar tradicional de subsistência, para um sistema agrícola moderno que tem como objetivo os mercados urbanos atuais.

As cactáceas representam grande parte da cobertura vegetal do Peru, em contraste com outros grupos de plantas, vêm mantendo seu habitat apesar de seu uso progressivo. Das palmas forrageiras existentes no Peru, destacam-se as mexicanas *O. megacantha* e a sem espinhos *O. ficus-indica*, introduzidas pelos espanhóis para a produção de cochonilha. As regiões produtoras se encontram nos departamentos de Huancavelica, Huanuco, Ica, Lima, Arequipa, Ayacucho, Cuzco, Moquegua e Tacna. Todos estão situados nas regiões costeiras ou de serras, onde há pouca precipitação. Nas áreas costeiras as plantações de palma forrageira necessitam ser irrigadas (Hoffmann, 1979).

Em Ayacucho se mantém um interessante sistema de cultivo das opuntias, que existe no sopé das suas montanhas. Elas porporcionam uma colheita das frutas na época chuvosa do verão, ao

mesmo tempo em que a parte aérea descartada, resultante dessa colheita, é utilizada como pasto para cabras, ovelhas e jumentos. No período seco subseqüente, há bom desenvolvimento dos insetos da cochonilha nos cladódios dessas mesmas plantas, que são colhidos no final dessa estação. Nas condições especiais de Ayacucho isso não reduz a qualidade da fruta da estação chuvosa seguinte, e assim sucessivamente. Esse uso múltiplo das opuntias fornece frutas, cochonilhas e forragens, além de fornecer uma densa vegetação que funciona como barreira contra a erosão das montanhas. O bom uso desse potencial agroecológico proporciona há muitos anos o sustento econômico de muitas famílias rurais.

No Equador é raro encontrarem-se cactáceas em condições naturais, razão pela qual observa-se a presença de uma quantidade reduzida de plantações de palma forrageira, que produzem frutas durante todo o ano abastecendo o mercado continuamente. Perto das plantações modernas que abastecem a capital Quito de frutas, há lotes de terra semelhantes aos de Ayacucho no Peru. Estão aí há quase 70 anos, e juntamente com as pastagens da região, constituem um oásis incrustado na paisagem desértica restante.

Na Colômbia a fruta cultivada da palma forrageira é exportada juntamente com a importante fruta *pitaya* (*Selenicereus megalanthus ou Hylocereus undatus)*. Essas cactáceas epífitas eram colhidas até algumas décadas atrás de plantas selvagens, hoje estão sendo cultivadas em consórcio com o café e o cacau.

Na Bolívia existe uma *Opuntia* nativa que é chamada de *Airampo,* cujas sementes vermelhas já eram utilizadas, antes da chegada dos conquistadores, do mesmo modo como ainda hoje são usadas na coloração de têxteis e de alimentos. A *O. ficus-indica* introduzida pelos espanhóis é encontrada nos vales secos do leste da cordilheira em La Paz até a fronteira sul. Durante a época da colheita no verão, encontram-se suas frutas nos mercados locais. Com o aumento da aridez no vale de Cochabamba, iniciou-se a produção de cochonilha, e está em curso a ocupação de várias centenas de hectares, que deverá assegurar muitos empregos rurais.

Na Argentina há uso esporádico de *O. ficus-indica* nos vales secos das províncias do noroeste. Em La Rioja as cercas-vivas de palma forrageira, que rodeiam as casas dos agricultores, são utilizadas de várias maneiras: servem de forragem de emergência para o gado nos períodos de seca; são a única fruta fresca disponível na região e produzem o *jarabe,* que é um suco extraído da fruta, usado como adoçante ou como xarope no tratamento da tosse, embora se possa tratar esse mesmo mal com um extrato dos cladódios de outras variedades. No restante do país, é famoso o uso do suco baboso dos cladódios da palma forrageira, que tradicionalmente vem sendo usado para que as pinturas brancas à base de cal se tornem mais pegajosas e aderentes. Nos bosques secos do Chaco, a *Opuntia quimilo* nativa da região também serve como forragem de emergência nas secas mais intensas.

No Chile a modernização da agricultura tornou possível a produção comercial da fruta de palma forrageira. Nas áreas centrais irrigadas do Chile se produz essa fruta com qualidade de exportação e há plantações visando a alimentação do gado. Essa produção de forragem vem permitindo uma colheita adicional de frutas, sendo essa inovação acompanhada por pesquisas realizadas na Universidade do Chile em Santiago.

A presença relevante da palma forrageira no polígono das secas no nordeste do Brasil, é um sinal do uso significativo dessa planta, conforme relatou Metral (1965). De acordo com informações recentes, há várias centenas de hectares plantados para uso como forragem para o gado.

Através dos anos têm havido freqüentes mudanças no uso das opuntias para a produção dos insetos cochonilha no continente americano, não obstante, em quase todos os países, sempre foi usada como uma fruta de subsistência nas fazendas e para abastecimento dos pequenos mercados locais.

AS ILHAS CANÁRIAS

Durante séculos um número muito pequeno de plantas eram cultivadas no arquipélago das Canárias. A partir do século dezesseis a cana de açúcar, o fumo e os vinhedos, ocuparam uma grande parte de seus campos agrícolas, entretanto seu sistema feudal medieval permaneceu intacto até o início do século dezenove, quando o cultivo da cochonilha foi introduzido nessas ilhas.

Juntamente com a cochonilha, foi introduzida a palma forrageira que serve de alimento ao inseto. Ao contrário dos outros cultivos agrícolas, na época com pouca expressão econômica, o cultivo da palma forrageira foi-se expandindo por todas as ilhas, em parte desenvolvendo-se de maneira selvagem, em parte plantadas em sítios e cercas-vivas, e em parte plantadas para uso como forragem (Matznetter, 1958); ocupando inclusive as melhores terras produtoras de grãos, irrigadas ou não.

A primeira exportação de cochonilha em 1831 foi de 4 kg, em 1845 foram exportadas 100 t e depois de 25 anos chegou a 700 t (1856). A exportação máxima foi atingida em 1870 com 3.000 t (Matznetter, 1958). O ingresso monetário ocorrido no arquipélago nesse período de intensas exportações, alterou toda a estrutura social existente na época, inclusive nas regiões mais atrasadas, como o sul de Tenerife. Antes da segunda guerra mundial ainda se exportavam 1.200 t por ano, enquanto que a produção atual se situa na faixa de 10% da produção mundial. A queda de sua demanda, resultante do avanço dos corantes sintéticos, causou uma redução dos campos cultivados aos atuais 200 ha da illha de Lanzarote.

Nos últimos anos vem crescendo o aproveitamento dos campos dispersos de palma forrageira para a produção de frutas e verdura, demandas recentes criadas pela indústria turística das ilhas Canárias, que vem resultando em novo desenvolvimento de suas opuntias, e em uma melhoria das condições sociais através da criação de novos postos de trabalho.

A história da palma forrageira, e seus efeitos na estrutura social de vários grupos étnicos da América e de outros continentes ainda não terminou. O aumento da falta de água em muitas regiões do planeta significa que essas plantas podem ter um futuro muito importante para a humanidade, devido a sua habilidade de produzir sob condições de recursos hídricos limitados.

TAXONOMIA DAS OPUNTIAS UTILIZADAS

por **L. Scheinvar**

Universidad Nacional Autónoma de México, México

O GÊNERO *OPUNTIA*

Opuntia (Tourn.) Mill., Gard. Dict. Abr. ed. 4. 1754.

Há quase 300 espécies do gênero *Opuntia* desde o Canadá até a Patagônia (Chile e Argentina). No México, Bravo (1978) registrou 104 espécies e variedades.

O nome *Opuntia* provém de uma antiga vila grega da região de Leocrid, Beócia: *Opus* ou *Opuntia*, onde Tournefort encontrou uma planta espinhosa que o fez lembrar as opuntias americanas. ela inclui 11 subgêneros: *Opuntia, consolea, Austrocylindropuntia, Brasiliopuntia, Corynopuntia, Cylindropuntia, Grusonia, Marenopuntia, Nopalea, Stenopuntia* e *Tephrocactus*. Este artigo se refere às 12 espécies mais utilizadas e que pertencem ao subgênero *Opuntia* (=Platyopuntia) e a uma que pertence ao subgênero *Nopalea*.

A taxonomia das opuntias é muito difícil por várias razões: seu fenótipo, que varia muito segundo as condições ecológicas, a poliploidia que existe em um grande número de populações que se reproduzem vegetativa e sexualmente, e a existência de muitos híbridos, como quase todas as espécies que florescem durante o mesmo período do ano e para as quais não há barreiras biológicas que as separem. Somente um intenso trabalho de campo pode permitir o reconhecimento e a identificação das espécies, suas variedades e adaptações refletidas em seu fenótipo. Observou-se em populações selvagens de *Opuntia* sp. que as plantas localizadas no meio da população apresentavam menor variabilidade em suas características fenotípicas, enquanto que as plantas situadas na periferia apresentavam grande variabilidade, devido, provavelmente, à maior possibilidade de intercâmbio genético com outras espécies. É um fato que, desde tempos ancestrais, se selecionou e cultivou a planta, influindo, assim, na variabilidade observada.

Poucos taxólogos se dedicam a esse gênero complexo, que ainda exige estudos detalhados de suas estruturas. Bravo (1937, 1978) descreveu as opuntias mexicanas. Scheinvar (1982, 1985), bem como Scheinvar e Bravo (1992) apresentaram chaves de identificação e descrições da *Opuntia* encontrada no Vale do México e no estado de Querétaro. Pimienta (1990) descreve 13 tipos de plantas comerciais, mas só se refere a seus nomes comuns. David Griffiths, um agrônomo norte-americano que dedicou toda sua vida ao estudo do gênero *Opuntia* como sendo uma importante fonte de forragem e, em especial, às espécies mexicanas, e que concebeu introduzi-las e aclimatá-las no sul dos Estados Unidos na década de 1910-1920, descreveu mais de 30 espécies novas no México, das quais algumas são consideradas sinônimas e outras requerem mais estudos. Essas espécies se encontram em um herbário do Instituto Smithsoniano (USA) e no Jardim Botânico de Nova Iorque (Nova Iorque). Britton e Rose (1920) descreveram todas as espécies e variedades que analisaram, mas aparentemente não estudaram os tipos e coleções de Griffiths. Lyman Benson (1982) fez uma revisão detalhada das opuntias dos Estados Unidos e do Canadá.

Neste capítulo serão consideradas as seguintes espécies e variedades:

Espécies selvagens (subgênero *Opuntia*):

1. *O. hyptiacantha* Web., 2. *O. joconostle* Web., 3. *O. lindheimeri* (Griff. e Haare) Bens., 4. *O. matudae* Scheinv., 5. *O. robusta* Wendl. var. *robusta*, 6. *O. sarca* Griff. ex Scheinv., 7. *O. streptacantha* Lem., 8. e 9. *O. tomentosa* SD. var. *tomentosa* e var. *herrerae* Scheinv.

Espécies cultivadas (subgênero *Opuntia*):

10. *O. albicarpa* sp. nov., 11. *O. ficus-indica* (L.) Mill, 12. *O. robusta* Wendl. var. *larreyi* (Web.) Bravo.

Espécies cultivadas (subgênero *Nopalea*):

13. *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill.

1. Plantas pubescentes.
   2. Flores vermelhas ou amarelas, Cladódios oblongos ou algumas vezes obovalados estreitos, frutas obovaladas estreitas, aréolas piriformes estreitas, gloquídio amarelo escuro, pericarpo tubular, filamentos rosa-avermelhados, lóbulos do estigma brancos com linhas rosa-avermelhadas..... ***O. tormentosa***

   2. Flores laranja com pontos vermelhos, cladódios obovalados largos, ligeiramente oblongos, aréolas subcirculares a obovaladas largas, gloquídio marrom-avermelhado, pericarpo globular, filamentos inferiores branco-amarelados, superiores amarelados, lóbulos de estigmas amarelos. ..... ***O. sarca***

1. Plantas glabras
   3. Flores quase tubulares fechadas durante a antese, androceu e gineceu forçados. Polinizada por beija-flor. ..... ***O. cochenillifera***

   3. Flores rotiformes, estendidas durante a antese, androceu e gineceu incluídos. Polinizada por insetos.

   4. Plantas sem espinhos.
      5. Cladódios redondos com aréolas circulares a obovaladas largas. ..... ***O. robusta***
      5. Cladódios obovalados com aréolas piriformes. ..... ***O. ficus-indica***

   4. Plantas com espinhos.
      6. Frutas doces com paredes finas.
         7. Espinhos amarelos.
            8. Plantas com cladódios azulados. ..... ***O. lindheimeri***
            8. Plantas com cladódios glaucos. ..... ***O. robusta***
         7. Espinhos brancos.
            9. Cladódios terminais obovaladas.
               10. Espinhos subulados, divergentes, retos. Frutas vermelhas. ..... ***O. streptacantha***
               10. Espinhos aplainados, torcidos, divergentes. Frutas branco-verdosas. .....***O. albicarpa***
            9. Cladódios terminais discóides. ..... ***O. hyptiacantha***
      6. Frutas ácidas com paredes grossas.
         11. Frutas verde-púrpura com polpa avermelhada ..... ***O. matudae***
         11. Frutas branco-verdosas com polpa rosa. ..... ***O. joconostle***

Opuntia albicarpa Scheinvar *sp. nov.*

O. megacantha SD., Hort. Dyck. p. 361. 1834. Tipo: não designado. Tipo loc.: México. Nom. dub.

O. amyclaea Tenore, Ad Flor. Neapol. Prodr. append. 5 15. 1836. Tipo: não designado. Tipo loc.: América tropical. Nom. conf.

O. ficus-indica (L.) Mill. var. *amyclaea* (Tenore) Berg., Hort. Mort. p. 411. 1912. Tipo: não designado.

Tipo: L. Scheinvar 6077, México, Puebla, Município Felipe-Angeles, entre Acatzingo e El Seco, 2250 a.s.l., 27.XI.1993 (MEXU, UACHAP).

Arbóreo com 2,5 - 5,0 m de altura, caule bem definido, aproximadamente 1 m de comprimento e 30 cm de largura, cladódios obovalados, com até 48 cm de comprimento e 24 cm de largura, branco-amarelado a verde-glauco, cobertos com placas de cera, aréolas dispostas em 10-11 séries espirais, de aproximadamente 4 mm de comprimento, os gloquídios são de cor marrom escuro, os espinhos (3-) 4-5 (-7) são aciculares, aplainados e torcidos, divergentes e retos, de 3-5 cm de comprimento, brancos com o ápice cor de âmbar. As flores são amarelo-laranja que se tornam avermelhadas no fim do dia. A fruta é piriforme a obovalada com 6-9 cm de comprimento e aproximadamente 6 cm de largura, externamente é branco-amarelado-verdosa e internamente branca, coberta por uma fina camada de cera que lhe dá um brilho claro. As aréolas têm lã e os gloquídios são marrom-avermelhados, a casca é fina, com aproximadamente 5 cm de largura, com a cicatriz floral ao nível da pele ou quase elevada. As sementes são abundantes, verde-cinza com um funículo suculento e doce, discóides a obovaladas. Floresce no México entre fevereiro e maio e se colhe de junho a novembro. Considerado como de maturação prematura. É cultivada nos estados de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes e Michoacán.

Estas espécies foram identificadas por alguns catálogos como sendo *O. megacantha SD.* (1834), considerada um *nomen dubium*, já que as descrições originais mencionam entre 7 e 10 espinhos inferiores nos cladódios e não fornecem informações a respeito das flores, frutas ou sementes, não foi designado o tipo de espécime, nem o tipo de localidade e distribuição geográfica, e somente o México é mencionado.

O. amyclaea Tenore foi descrita com base em plantas cultivadas na Itália (Amicla, Monticelli e Portella), sem datas de procedência, com 3-8 espinhos inferiores e uma fruta amarelo-avermelhada tuberculada e reticulada, com aréolas vizinhas com espinhos e lã. Nem todas essas características ocorrem na *O. albicarpa*, e a *O. amyclaea* é considerada uma *nomen nudem*. Material selecionado de herbário: México, Querétaro, Mun. Peñamiller, L. Scheinvar 4026 & Cols. (MAXU, IEB).

Opuntia cochenillifera (L.) Mill., Gard. Dict. ed. 8. No. 6. 1768. Tipo: não designado. Tipo loc.: Jamaica.

Cactus cochenillifer L., Sp. Pl. p. 468. 1753.

Nopalea cochenillifera (L.) SD., Cact. Hort. Dyck. 1849. p. 64. 1850. Tipo: não designado. Tipo loc.: Jamaica.

Arbóreo com 7 m de altura, muito ramoso, glabro, caule bem definido, cladódios oblongos estreitos com aproximadamente 30 cm de comprimento e 4-7 cm de largura, verde claro, as aréolas estão dispostas em séries espirais de 9-10 com lã amarela e gloquídios. Não há espinhos, encontrando-se algumas vezes um espinho em cladódios velhos, espinho esse com 1 cm de comprimento, amarelado, ao expor-se ao sol, a quantidade pode aumentar ligeiramente. As flores são tubulares com aproximadamente 5,5 cm de comprimento, vermelho púrpura, quase não abrem durante a antese, os estames são forçados e dispostos 1-1,5 cm acima do perianto, os filamentos são cor de rosa e as anteras amarelas. O estilete aparece acima do androceu, é rosa-avermelhado e os 6-7

lóbulos dos estigmas são verdes, é polinizado por pássaros. A fruta é obovalada, tuberculada, com aproximadamente 5 cm de comprimento, vermelha, sem espinhos e somente com gloquídios, as sementes são numerosas, bem formadas, obovaladas, hilo rebaixado, um arilo lateral sub-basal e lateral bem desenvolvido. É uma espécie domesticada há muitos séculos e é propagada pelas sementes ou vegetativamente em todos os países tropicais e subtropicais da América. No México é cultivada principalmente nas costas do Atlântico e do Pacífico; também é cultivada na frente de muitas casas na América Central, em Cuba e no estado de Santa Catarina no Brasil. As frutas são comidas pelos pássaros. No México essa espécie é utilizada como substrato para a multiplicação do inseto cochonilha, do qual provavelmente deriva seu nome. O pericarpo da flor é utilizado como hortaliça para consumo humano e forragem para o gado. O chá feito das flores é utilizado como remédio para crianças em fase de dentição. Na região semi-árida do nordeste do Brasil é utilizada como forragem com resultados muito bons (Ferreira dos Santos *et al.*, 1992). Material selecionado de herbário: México, Querétaro, Município Jalpan, L. Scheinvar 4074 (MEXU).

Opuntia ficus-indica (L.) Mill., Dict. ed. 8 N.º 2. 1768. Neotipo: lin. Spec. Plant. p. 468, N.º 16 (S) (Leuenberger, 1991). Tipo loc.: América Tropical, sem especificar o país ou a localidade exata.

Cactus ficus-indica L., Spec. Pl. ed. 1 p. 468. 1753.

O. ficus-barbarica Berg., Monatsschr. Kakteenk. 22: 181. 1912.

Arborescente com 3-5 m de altura, coroa larga, glabra, caule com 60-150 cm de largura, cladódios obovalados com 30-60 cm de comprimento, 20-40 cm de largura e 19-28 mm de espessura, verde escuro, cobertos com uma camada de cera. As aréolas estão dispostas em 8-9 séries espirais, piriformes, com 2-4,5 mm de comprimento e aproximadamente 1-3 mm de largura, os espinhos são quase ausentes, raramente um em poucas aréolas, aproximadamente com 1 cm de comprimento, cor cinza, translúcidos. As flores com (60)7-9(-10) cm de comprimento são da cor laranja ou amarela, o pericarpo é 2-2,5 vezes mais comprido que o perianto, tuberculizadas com aproximadamente 8 séries de espirais de aréolas. A fruta é doce, suculenta, comestível, com 5-10 cm de comprimento e 4-8 cm de largura, piriforme, ligeiramente curvada para o umbigo, amarela, laranja, vermelha ou púrpura com muita polpa e uma casca fina. As sementes vão de obovaladas a discóides com 3-4 mm de diâmetro. Pinkawa (1992) menciona que essas espécies podem ser heptaplóides (n=77) ou octaplóides (n=88). Barrientos (comunicação pessoal) encontrou plantas hexaplóides (n=66). Essas espécies já haviam sido domesticadas nos tempos pré-hispânicos. Os cladódios jovens são utilizados no México como verdura e as frutas, que são muito doces, brancas, amarelas ou púrpuras são apreciadas no mercado nacional e internacional. Os cladódios também são utilizados como forragem ou para propagar plantas novas. Esta espécie é cultivada principalmente na América tropical e subtropical e nos países mediterrâneos, atualmente há interesse em cultivá-la em quase todas as zonas áridas e semi-áridas do mundo.

De acordo com os critérios de Britton e Rose, essas espécies podem ser consideradas como um membro não espinhento da série *Streptacanthae.*

Opuntia hyptiacantha Web. ex Bois., Dict. p. 896. 1882-1899. Tipo: não designado. Tipo loc.: México sem especificação da localidade exata.

Arbóreo com até 4 m de altura, glabro, o caule cresce até 60 cm de altura, com casca cinza-enegrecida e rugosa, os cladódios e, pelo menos, o terminal é circular a obovalado largo com ápice redondo, verde claro, coberto por uma camada de cera acinzentada, de 30-40 cm de comprimento, 26-29 cm de largura e 1,2-1,8 cm de espessura. As aréolas estão dispostas em 11-12 séries espirais , elípticas, de aproximadamente 4 mm de comprimento e 2 mm de largura com lã acinzentada, gloquídios amarelo-avermelhados de até 2 mm de comprimento. Os espinhos 5-6 são rígidos, eretos de aproximadamente 0,8 cm de comprimento, voltados para o cladódio. A flor se torna amarela a

salmão no fim do dia, tem aproximadamente 5 cm de comprimento, com pericarpos subglobulares, cerdas marrom-avermelhadas e espinhos curtos, brancos. A fruta é suculenta, doce, globular a subglobular, de 2,5-3 cm de diâmetro, com paredes de 8-10 mm de largura, aréolas marrom-avermelhadas e gloquídios curtos, avermelhados. As sementes são discóides com 3-5 mm de diâmetro e aproximadamente 2 mm de espessura, com canais grossos laterais.

Essas espécies foram confundidas com a *O. streptacantha* Lam., a partir do livro de Britton e Rose (1920), com a qual se cruza no campo.

A fruta é doce com um sabor muito bom, porém de tamanho pequeno. No México se utiliza para fazer geléia, uma bebida fermentada e uma conserva dura (marmelada). As sementes colhidas são armazenadas e utilizadas para engordar porcos (contêm óleo comestível e proteínas).

Cresce de maneira selvagem no Vale do México, Hidalgo, Querétaro, todos os estados do centro do México e parte do estado de Chihuahua.

Material selecionado de herbário: México, Querétaro, Município San Juan del Rio, L. Scheinvar 3765 e C. Orozco (MEXU).

Opuntia joconostle Web. in Diguet, Pls. Util. du Mex. p. 120. 1923. Tipo e tipo loc. não designado.

Arbóreo com até 2,5m de altura, com o caule glabro, bem desenvolvido, os cladódios são obovalados com 12-28 cm de comprimento, 11,5-18,5 cm de largura e aproximadamente 1,5 cm de espessura, verde claros, brilhosos, cobertos com uma camada de cera. As aréolas estão dispostas em 7-9(-10) séries espirais, piriformes estreitas e algumas vezes rodeadas com uma mancha violeta, os gloquídios são cefé-avermelhados. Os espinhos, que são 1-8, geralmente estão em todas as direções, são desiguais, com 0,7-3,5cm de comprimento, muito finos, flexíveis, alguns torcidos, o inferior é recurvado, alguns têm a base dobrada, o médio ou o superior é o mais comprido e geralmente estão integrados, o superior é reto, divergente, de cor branco-acinzentado ou amarelo brilhante com manchas vermelhas, que se tornam rosa ou vermelhas, têm de 5-7 cm de comprimento e até 8 cm de largura na antese. A fruta é elipsoidal a piriforme, com 2,5-4 cm de comprimento e 1,5-2,5 cm de largura, com uma cicatriz umbilical profunda, paredes muito largas, sabor ácido, verde-púrpura e rosa no interior. Pertence à série de *Streptacantha* Br. e Rose. selvagem no Vale do México e fora dele nos estados de Hidalgo e Querétaro.

Material selecionado de herbário: México, Querétaro, Cadereyta, L. Scheinvar 3776 e C. Orozco (MEXU).

Opuntia lindheimeri Engelm., boston J. Nat. Hist. 6: 207. 1850. Tipo: não designado.

Prostrado, subereto a ereto, subarbustivo a arbustivo, com 0,6-3 m de altura, com ou sem um tronco definido, glabro, cladódios obovalados a orbiculares com 13-20 (-30) cm de largura. Os espinhos (0-)3-4(-6) são amarelos ou cinza-amarelados, com 2-3 espinhos setosos. As flores são amarelas. As frutas têm uma cicatriz umbilical superficial, têm de 3-7 cm de comprimento e 2,3-3,8 cm de largura, cor púrpura. As sementes são subglobulares, com 3-5 mm de diâmetro. Descrevem-se seis variedades: var. *lindheimeri* (Oklahoma, Texas, Rio Grande, Deserto de Chihuahua: Tamaulipas), var. *tricolour* (Griff.) L. Bens. (Texas), var. *lehmannii* L. Bens. (Texas: Rio Grande Plain), var. *linguiformis* (Griff.) L. Benx. (Texas: San Antonio), var. *cuija* (Griff. e Haare) L. Bens. (Deserto de Chihuahua até a zona árida Queretana-Hidalguense) e a var. *lucens* Scheinv. (Norte do Vale do México).

Os cladódios são utilizados como forragem no norte do México e as frutas são comestíveis, também são utilizadas para colorir uma bebida mexicana: a sangrita, acompanhamento da tequila.

Var. *cuija* (Grigg. e Haare) L. Bens.:

Arbustiva com 1-2 m de altura, os cladódios são circulares a obovalados com 12-20 cm de comprimento, de cor verde-azulado claro, as aréolas são circulares a 2,3-4 cm de distância com 5-10

mm de diâmetro, proeminentes. Os espinhos são em número de 3-6, amarelos com a base avermelhada a marrom. As flores têm comprimento de 5-6 cm, amarelas com manchas vermelhas no meio, os lóbulos do estigma são verdes. A fruta é globular com aproximadamente 4 cm de diâmetro, com muitas sementes de 4 mm de diâmetro.

Material selecionado de herbário: México, Querétaro, Mun. San Juan del Río, L. Scheinvar 4175 e Cols. (MEXU), IEB).

Opuntia robusta Wendl., Cact. Hort. Herrenh. p. 568. 1835. Tipo: não designado.

O. larreyi Web. ex Coult., Contr. US Natl. Herb. 3 (7): 423. 1896.

Prostrado ou reto, arbóreo e arborescente, glabro, tronco muito curto. Os cladódios são redondos a obovalados, muito grossos, verde-glauco, cobertos com uma camada de cera. As aréolas se encontram a 3,6-6 cm de distância, têm aproximadamente 3 mm de diâmetro com penugem escura, os gloquídios são numerosos, com 1-3 cm de comprimento, com diferentes cores e a base enegrecida. Os espinhos de 0-12 estão ausentes na parte inferior das aréolas, desiguais, divergentes, não diferenciadas na radial e na central, o inferior com a base aplainada, amarelo, a base avermelhada com pontos pretos à medida que vai envelhecendo. A flor é amarelo-verdosa, brilhante com o ápice púrpura, que se torna laranja no fim do dia. A fruta é globular, subglobular a elíptica, com tubérculos longos, uma cicatriz umbilical superficial, de cor púrpura ou branca. As sementes são discóides a deltóides com canais largos, têm de 4-6 mm de diâmetro e 1-1,5 mm de espessura, com o funículo suculento e doce.

Foram descritas três variedades:

1. Cladódios geralmente circulares. Fruta púrpura, globular. **..... var. *robusta***
1. Todos os cladódios ovalados.
   2. Com espinhos nos cladódios. Fruta branca. **.....var. *guerrana***
   2. Sem espinhos nos cladódios. Fruta púrpura. **.....var. *larreyi***

var. *robusta*:

Material selecionado de herbário: México, Município Mineral de la Reforma, L. Scheinvar 1013 & J. Ahuatzin (ENCB).

var. *guerrana* Griff.:

Material selecionado de herbário: México, Hidalgo, Município Zempoala, L. Scheinvar 1135 & A. Castellanos (ENCB).

var. *larreyi* (Web.) Bravo:

Material selecionado de herbário: México, Querétaro, Município Cadereyta, L. Scheinvar 3673 & Cols. (MEXU).

Opuntia sarca Griff. ex. Scheinv., Phytolog. 49: 328-332. 1981. Tipo: D. Griffiths 8120. Tipo loc: Estado de Hidalgo, Jasse (antes Dublán), 1905 (USA).

Arbóreo, pubescente com 3-4 m de altura, com um tronco definido. Os cladódios são obovalados largos, com 14-32 cm de comprimento, 10,5-15 cm de largura e até 2,5 cm de espessura, verde-amarelados, tubérculos ligeiramente oblongos. As aréolas subcirculares ovaladas largas, dispostas em 8-10 séries espirais, os gloquídios são marrom-amarelados. Os espinhos 3-4 estão ausentes nas aréolas inferiores e nas bordas aumenta seu número, não diferenciados na parte radial e central, os compridos têm em média 2,5 a 4,5 cm de comprimento, são acinzentados com o ápice amarelo. As flores são cor de laranja com manchas vermelhas, têm 5-7 cm de comprimento, o pericarpo globular, os filamentos branco-verdosos se encontram em baixo e os amarelos na parte superior, os lóbulos dos estigmas são amarelos. A fruta é subglobular a elipsoidal com aproximadamente 4,5 cm de comprimento, 3 cm de diâmetro e 2 mm de espessura.

Sarco significa azul claro em espanhol, cor dos artículos e da fruta madura. Pertence à série *Tomentosae* e se distingue da *O. tomentosa* pela cor dos cladódios, forma das aréolas, cor, quantidade e tamanho dos espinhos, orientação dos estômatos e dimensão das sementes. Difere da *O. macdougaliana* de Tehuacán, Puebla, no comprimento do tronco, forma dos cladódios, quantidade e cor dos espinhos, cor dos gloquídios e da flor. Está distribuído no Vale do México, em Hidalgo e Querétaro.

Material selecionado de herbário: México, Município don Juan del Río, L. Scheinvar 4181 & Cols. (MEXU).

Opuntia streptacantha Lem., Cact. Gen. Nov. Sp. Nov. p. 62.1839. Tipo: não designado. Tipo loc.: não relatado.

Arbóreo muito ramificado com um tronco definido glabro. Os cladódios são obovalados com 20-30 cm de comprimento, 12-23 (-27) cm de largura e 3-4 cm de espessura, cor verde-acinzentada cobertos com uma camada de cera. As aréolas se situam em 10-11 séries espirais, os gloquídios são marrom-amarelados. Os espinhos 1-4 estão ausentes em algumas aréolas inferiores, são aplainados na base e torcidos, não diferenciados nas centrais e radiais, os superiores divergentes, o inferior curvado e um pouco recurvado, branco com a base e o ápice âmbar, algumas vezes com duas cerdas curtas na base das aréolas. As flores são amarelas com uma faixa média de pontos avermelhados que se convertem em alaranjados no segundo dia. A fruta é púrpura, elipsoidal com uma cicatriz umbilical profunda, com aproximadamente 6 cm de diâmetro, com gloquídios curtos avermelhados. O funículo é suculento e doce.

Distribuído pelo Deserto Chihuahuense, desde o estado de Chihuahua até o estado do México.

As frutas são utilizados para preparar produtos agro-industriais, como geléias, suco fermentado e conservas duras (marmelada).

Na literatura foi confundida com *O. hyptiacantha* Web., com a qual vive sob condições simpátricas e com a qual se cruza.

Material selecionado de herbário: México, Município Tequisquiapan, L. Scheinvar 4423 & Cols. (MEXU).

Opuntia tomentosa SD., Observ. Bot. Hort. Dyck. p. 8. 1822,

Cactus tomentosus Lk., Enum. Hort. Berol. 2: 24. 1822.

Arbustivo a arbóreo, pubescente, com tronco definido. Os cladódios são oblongos e algumas vezes obovalados estreitos, de 2-3 vezes mais compridos que largos, com 3,2-3,5 cm de largura, verde escuro a verde acinzentado escuro. Os tubérculos da fruta em semicírculo ou obovalados. As aréolas estão dispostas em aproximadamente 10 séries espirais, piriformes estreitas, os gloquídios são amarelo escuro. Os espinhos 1-2 (-4) nas bordas, ausentes em quase todas as aréolas, com até 1 cm de comprimento, flexíveis e torcidos, o inferior recurvado, sem diferenciação entre radial e central, branco ou amarelado. As flores são de cor vermelha a amarela, o pericarpo é tubular, os filamentos são cor de rosa-avermelhados, os lóbulos do estigma são brancos com uma faixa dorsal rosa-avermelhada. A fruta é vermelha, elipsóide a piriforme, suculenta e doce, com 3,2-5 cm de comprimento. As sementes são discóides com um arilo largo, irregulares, com 4-6 mm de diâmetro, amareladas.

É uma planta muito útil no México. Os cladódios jovens são consumidas como verdura e utilizadas com substrato para o inseto cochonilha (*Dactylopius coccus* Costa), as frutas são comestíveis.

var. *tomentosa*:

Tipo: não designado.

Os cladódios são aproximadamente 3 vezes mais compridos que largos, os gloquídios são de cor amarelo escuro. A flor é vermelha, tubular, que quase não abre na antese. A fruta tem uma profunda cicatriz umbilical. Os tricomas na epiderme descontrolam os bífidos, a base ligeiramente expandida e o lúmen está subdividido.

Material selecionado de herbário: México, Município Tequisquiapan, L. Scheinvar 5800,G. Olalde e V. Carrera (MEXU, IEB).

var. *herrerae* Scheinv., Phytolog. 49: 313-318. 1981.

Tipo: L. Scheinvar 1496 (MEXU, ENCB). Tipo loc.: Estado do México entre Coacalco e Lechería.

Os cladódios são aproximadamente 2 vezes mais compridos que largos, os gloquídios são marrom-amarelados. As flores são amarelas com ou sem manchas vermelhas, rodado na antese. A fruta tem uma cicatriz umbilical superficial, os tricomas com a base alongada e o lúmen segmentado.

Material selecionado de herbário: México, Município San Juan del Río, L. Scheinvar 4181 e Cols. (MEXU).

ANATOMIA E MORFOLOGIA

por **F. Sudzuki Hills**

Universidad de Chile, Santiago, Chile

INTRODUÇÃO

A evolução dos membros do subgênero *Opuntia* em ambientes áridos e semi-áridos, onde diferentes situações ambientais impõem limitações à sobrevivência e à produtividade das plantas do deserto, provocou o desenvolvimento de características adaptativas em sua anatomia, morfologia e fisiologia, conforme descritas neste capítulo.

SISTEMA RADICULAR

A *Opuntia ficus-indica* se caracteriza por um sistema de raízes superficiais e carnosas, com uma distribuição horizontal.

A distribuição das raízes pode depender do tipo de solo e do manejo da plantação. Sob condições favoráveis de solo se desenvolve uma raiz estendida, que penetra quase 30 cm no solo, sob condições de seca, como as que ocorrem em regiões áridas e semi-áridas, se desenvolvem raízes laterais carnosas a partir da raiz principal para, dessa maneira, absorver água em níveis baixos. Todavia, em todos os tipos de solo, a massa de raízes absorventes se encontra nos primeiros centímetros, com uma profundidade máxima de 30 cm e uma dispersão de 4 a 8 m. Também foi observado que as plantas fertilizadas periodicamente com esterco desenvolvem raízes suculentas não ramificadas. Em outros casos apresentam mais raízes laterais e logo desenvolvem uma camada superficial de casca solta.

Em contraste com o sistema vegetativo, as raízes das Cactaceae receberam pouca atenção, é verdade que elas diferem de outras plantas pelo fato de desenvolverem características xeromórficas que lhes permite sobreviver períodos prolongados de seca. Para evitar a perda de água em solo seco, as raízes finas se cobrem com uma camada relativamente impermeável à água ou, então, as raízes caem, formando uma camada de cicatrização. As raízes podem contribuir para suportar a seca de três maneiras: 1) restringindo a superfície da raiz e reduzindo sua permeabilidade à água, 2) absorvendo rapidamente a pequena quantidade de água fornecida por chuvas leves através de "raízes de chuva" ou através da redução da superfície da raiz de onde flui a água, e 3) reduzindo a transpiração devido ao alto potencial negativo da raiz. Com base no exposto, esses economizadores de água resistentes à seca podem ter uma resistência hidráulica alta (Passioura, 1972), o que, por sua vez, reduz o fluxo da água para a parte aérea.

O sistema de raízes da *O. ficus-indica* é muito complexo, pode haver quatro tipos de raízes:

Raízes estruturais: formadas por um esqueleto primário com escassas raízes fibrosas de 20 a 30 cm de comprimento, rapidamente forma uma periderme, mas mantém muitas gemas latentes e ativas, distribuídas desde a base até a região apical sem um padrão regular de distribuição. Quando as raízes estruturais se mantêm secas por um tempo e de repente se umedecem, em poucas horas se reinicia a formação de raízes absorventes a partir de gemas latentes e estas respondem rapidamente à umidade. A iniciação de raízes laterais sempre é endógena de células parenquimáticas pertencentes ao floema secundário. As pesquisas sobre as irregularidades da formação de raízes adventícias em *O. ficus-indica* mostrou que as raízes laterais finas da raiz mestra morrem com a

idade. Esse processo estimula a divisão celular nos tecidos do parênquima e a formação de pontos meristemáticos de raízes adventícias (Gibson e Nobel), 1986). Essa massa fina e frágil de raízes se forma de radículas curtas e ramificadas que se encontram completamente cobertas de pêlos de raízes. Os diferentes tipos de ectomicorrizos, em sua grande maioria vesicular-arbuscular, justificam a presença de radículas curtas e ramificadas, isso e a abundância dos pêlos das raízes sugerem que elas estão envolvidas na absorção de nutrientes.

Raízes absorventes: se formam dentro de poucas horas depois que os gemas laterais respondem à umidade . Gibson e Nobel (1976) as chamaram de "raízes de chuva" e desenvolvem a partir de gemas latentes ocultas na casca de raízes adultas. Essas raízes morrem tão logo se seque o solo.

Raízes em esporão (Boke, 1979-1980): se formam como cachos da massa mais volumosa de raízes, mas como indica o autor, em *O. arenaria* não há gloquídios. A base do esporão de *O. ficus-indica* tem uma coroa de brácteas tipo apêndice e, contrariamente à descrição de Boke (1979), as raízes desenvolvidas de esporões em *O. ficus-indica* são de duas classes: curtas, grossas e carnosas, com muitos pêlos de raízes, e o resto, duas ou três finas e compridas, similares ao sistema de raízes absorventes. Não se sabe se as raízes curtas morrem ou amadurecem com o tempo.

Raízes desenvolvidas de aréolas: essas raízes se desenvolvem quando as aréolas estão em contato com o solo. No início de seu desenvolvimento são grossas e sem pêlo, têm uma caliptra saliente com as células da epiderme formando apêndices tipo brácteas. O crescimento das raízes jovens é muito rápido, elas se tornam suaves com uma casca de três a quatro células de espessura e estão cobertas com muitos pêlos radiculares. Com o tempo, todas as raízes que se originam de aréolas formam um sistema de raízes real.

CLADÓDIOS

Segundo Buxbaum (1955), as Cactaceae se caracterizam geralmente pela presença de aréolas com pêlos e espinhos, um caule suculento com uma casca verde e a falta de folhas copadas.

Os órgãos tipo caule, conhecidos como cladódios, são suculentos e sua forma é tipicamente de oblonga a espatulada-oblonga, com 30 a 40 cm de comprimento e algumas vezes maiores (70-80 cm), e com 18 a 25 cm de largura. Num corte transversal, anatomicamente o cladódio é uma elipse formada por: pele, casca, um anel de tecido vascular feito de feixes colaterais separados por tecido parenquimatoso, e de uma medula que é o principal tecido suculento. A pele consiste de uma camada de células epidérmicas e de 6 a 7 camadas de células hipodérmicas com paredes primárias grossas que se parecem com um tecido laminar de colênquima. As células epidérmicas são planas, finas e têm a forma como pedras de pavimento. Tanto a epiderme quanto a hipoderme dão uma integridade muito efetiva, as células grossas da hipoderme são muito fortes e atuam, portanto, como a primeira linha de defesa contra fungos, bactérias e danos provocados por organismos pequenos.

A pele se mantém intacta por um longo período de tempo e, eventualmente, é substituída por casca (periderme), esta última é formada por células epidermais, seja como parte do processo natural de envelhecimento, seja como tecido mais profundo de casca quando o dano provoca o rompimento da pela. Quando a casca se forma das paredes celulares grossas da epiderme, ela se quebra.

EPIDERME

A epiderme constitui a camada mais externa de células no corpo das cactáceas, uma camada protetora contínua com pequenas aberturas chamadas estômatos. A epiderme tem três funções:

1) regular o movimento da entrada de dióxido de carbono e saída do oxigênio da planta, 2) para reter água dentro do corpo, 3) para proteger contra fungos, esporos, insetos e luminosidade intensa (Mauseth, 1984).

A epiderme do caule de *O. ficus-indica* é da espessura de uma célula, com a parede externa impregnada e coberta com uma cera de uma substância gordurosa chamada cutina. A cutícula das cactáceas em comparação com a cutícula da maioria das plantas é relativamente grossa (8-20 µm em *O. ficus-indica*).

Em termos químicos a cutina não é um produto puro como a celulose, é uma mistura de ácidos graxos que se polimerizam espontaneamente na presença do oxigênio. Esta cutícula não é apenas resistente à água, mas também um dos compostos químicos internos naturais conhecidos (Mauseth, 1984).

O exame da superfície dos cladódios de *O. ficus-indica* ao microscópio mostra que há um revestimento suave à base de uma estrutura cerosa básica de placas semi-verticais. Segundo Hull e Blekmann (1977), pode-se sugerir que a cobertura desse tipo de revestimento epicuticular que existe em *Prosopis tamarugo* é parte de um mecanismo para aproveitar a absorção foliar da umidade atmosférica ou para minimizar a transpiração cuticular. É esse revestimento que dá aos cladódios uma aparência glaucosa. Segundo Metcalf e Chalk (1979), a cera epicuticular presente em *O. ficus-indica* corresponde ao grupo básico do tipo III classificada como placas e escamas.

A superfície cerosa e dura ao redor da célula epidermal serve a numerosas funções, no que se refere ao equilíbrio hídrico, a cutícula previne o escape do vapor de água das plantas e repele a água da superfície.

A cutícula branca reflete boa parte da radiação solar, uma condição que, de outra forma, resultaria numa redução da temperatura do caule. A química e a estrutura da cutícula não pode ser digerida por pequenos organismos que tentem entrar no cladódio (Gibson e Nobel, 1986).

Nos últimos 15 anos os taxônomos perceberam a utilidade da morfologia e da bioquímica das ceras para fins de diagnósticos (Mauseth, 1984).

ESTÔMATOS

Os estômatos estão distribuídos uniformemente sobre ambos os lados da superfície de todo um caule e estão dispersos aleatoriamente e não são muito numerosos. A *O. ficus-indica* tem geralmente de 15 a 35 estômatos por mm^2, em contraste com os 45 por mm^2 em *Ferocactus acantoidnes* (Mauseth, 1984). As células guarda não diferem das de outras plantas florescentes e estão submersas 40 µm, de tal maneira que o poro é invisível a partir da superfície do caule. Um canal subestomático saliente através do tecido esclerenquimatoso da hipoderme forma uma passagem para o intercâmbio de gases entre a atmosfera e o tecido fotossintético abaixo da hipoderme, a câmara endoestomática se encontra na camada de clorênquima.

O par de células guarda está rodeado por 3 a 4 fileiras de células subsidiárias, cada linha é formada por várias células com a última chegando à superfície das células epidermais. A superfície epicuticular ilumina essas células e é assim que se pode ver os estômatos com pouca ampliação. Dentro das células epidermais e na hipoderme há um agregado de cristal de cálcio e oxalato muito notável chamado "drusa".

ARÉOLAS

As gemas axilares nas cactáceas são representadas como aréolas ovaladas 2 mm abaixo da superfície da pele. Sob condições ambientais adequadas aparecerão novos cladódios, flores e raízes

a partir do tecido meristemático das aréolas. Em *O. ficus-indica* as aréolas se encontram distribuídas numa forma helicoidal e desenvolvem espinhos, em vez de folhas como a maioria das plantas.

Quando o cladódio é jovem, a aréola se forma na base de podárias que seguram uma estrutura verde subulada de vida curta que logo seca e cai, essa estrutura efêmera corresponde à folha. As podárias são salientes no primeiro estágio de desenvolvimento do cladódio e se perdem à medida que o caule se torna adulto. As aréolas iniciam sua formação na base do meristema apical curto e logo desenvolvem os espinhos em diferentes quantidades a partir do meristema basal (Mauseth, 1984), mas freqüentemente um ou dois espinhos longos centrais e outros espinhos laterais mais curtos. Os espinhos longos centrais crescem durante mais tempo que os outros, e são mais grossos porque são produzidos por primórdios mais robustos (Gibson e Nobel, 1986), e têm células alongadas com paredes celulares lignificadas. À medida que os espinhos crescem, também aparecem os gloquídios.

A presença de espinhos é a característica especial das aréolas e como o menciona Robinson (1974), sua morfologia tem um significado taxonômico potencial. É possível distinguir dois tipos: espinhos e pêlos espinhosos (gloquídios). Boke (1944) é de opinião que os gloquídios e os espinhos são melhor considerados como equivalentes morfológicos de folhas e que as diferenças entre eles são quantitativas, ambos os tipos derivam de uma túnica e corpus como o primórdio foliar.

A quantidade e a duração dos espinhos e dos gloquídios em *O. ficus-indica* depende do tipo. Geralmente os espinhos estão presentes no primeiro estágio de crescimento do cladódio e a maioria cai à medida que aumenta a temperatura , permanecendo ocasionalmente na base do cladódio por um período prolongado.

Robinson (1974) considera que é muito fácil distinguir a subfamília *Opuntioideae* em razão da superfície áspera dos gloquídios e dos espinhos. Na *O. ficus-indica* os espinhos têm uma superfície áspera e os gloquídios uma superfície macia, os espinhos encontram-se dispostos em cachos de 7 a 12 nas cavidades das aréolas.

Os espinhos são brancos, um ou dois são compridos (aproximadamente 1-1,5 cm). Cada um deles é acompanhado por dois outros pequenos. À medida que as pontas dos espinhos endurecem, o meristema basal continua se alongando. Segundo Gamong, citado por Buxbaum (1950), os espinhos se formam em séries. Os gloquídios são pequenos, curtos e multicelulares, sugere-se que os dois primeiros "espinhos" da aréola possam ser estípulas, em que as células macias alongadas (14-16 em quantidade) formam uma corrente e não se esclerificam. São marrons e dão esta cor às aréolas. A superfície do espinho encontra-se coberto com carbonato de cálcio e substâncias pécticas (Buxbaum, 1950).

Os gloquídios estão agrupados em 4 a 6 cachos densos, dos quais é possível distinguir dois ou três mais compridos, com uma estrutura parecida à dos espinhos. São duros, esclerificados e pontiagudos, sua superfície é coberta de escamas barbadas, o que permite que adiram à pele do corpo e não possam ser removidos facilmente. Parecem com os espinhos-gloquídios citados por Booke (1944) para *O. cilindrica*. Enquanto se encontram em crescimento, os gloquídios aderem à aréola, mas logo desenvolvem felógeno na região cortical ao redor da base de cada cacho, como resultado disso, na *O. ficus-indica* são decíduos e se separam com facilidade quando são tocados ou voam com o vento.

Poderia parecer que os espinhos e os tricomas têm muitas funções. A idéia mais popular é que os espinhos defendem a planta para que não seja comida por animais e ajudam a prevenir perdas de água (Levitt, 1980), todavia, a função mais importante continua sendo sua habilidade para condensar água do ar (Buxbaum, 1950). Além do mais, os espinhos servem para reduzir a temperatura do caule durante o dia e sua presença também diminui a captação de luz pelo cladódio (Nobel, 1983).

CASCA E MEDULA

Sob a epiderme encontra-se o clorênquima, que constitui o tecido entre a hipoderme e o anel dos feixes vasculares. O clorênquimo da *Opuntia* é grosso e suculento e consiste de uma casca primária formada por uma massa homogênea de células de parênquima, contém clorofila na parte externa e está arrumada em fileiras radiais longas para formar um clorênquima de paliçada saliente, similar a uma paliçada de um cladódio. A parte interna é branca e formada de células parenquimatosas esferoidais, similares às do mesófilo esponjoso. As partes verdes (clorênquima) e brancas (parênquima) contêm idioblastos que, por sua vez, contêm mucilagem ou cristais menores que os das células epidermais.

Enquanto a parte verde que contém os cloroplastos tem a função principal da fotossíntese, a parte branca é mais do que um simples saco de armazenagem de água, já que é a fábrica química onde são produzidos os hormônios, alcalóides e outros compostos (como drogas medicamentosas) formados durante o metabolismo da planta (Mauseth, 1984, Sajeva e Mauseth, 1991). Não contendo cloroplastos, a parte branca contém outros organismos, como amiloplastídios (para armazenagem de grãos de amido) e é feita de um tecido parenquimatoso homogêneo com pequenos espaços intercelulares.

A função precisa da mucilagem é desconhecida, não obstante acredita-se que ajuda a reter a água dentro das cactáceas. Mauseth (1983) explicou o desenvolvimento das células de mucilagem. Uns dictiosomas muito ativos produzem uns sacos pequenos ou vesículas de mucilagem em suas bordas e essa substância mucilagenosa se deposita fora do citoplasma. À medida que aumenta a mucilagem, o citoplasma morre e os organismos se decompõem, deixando apenas a mucilagem em que antes havia apenas uma célula viva. As células mucilagenosas estão presentes em todos os tipos de tecidos - hipodérmico, cortical e vascular - assim como também na medula. A mucilagem é um carboidrato escorregadio, complexo e pouco digerível (Gibson e Nobel, 1986).

A medula da *O. ficus-indica* é composta de células grandes esferoidais parenquimatosas com parede celular fina, semelhante às da casca interna. A maioria das células da medula muito próximas dos feixes vasculares contém, vários grãos esferoidais de amido ou mucilagem e algumas drusas pequenas.

TECIDO VASCULAR

Como na maioria dos caules das cactáceas, a *O. ficus-indica* tem sob a casca um anel de feixes vasculares colaterais com um tecido macio entre eles (o eustele), que corresponde ao câmbio fascicular ou raios medulares.

Os feixes vasculares se conectam com o tecido meristemático das aréolas e forma e elaboram uma fina rede acessória de feixes com tecido vascular. Tal como foi mencionado por Freeman (1970) para a *O. basilaris*, é comum a anastomose dos feixes vasculares, o que resulta na formação de um cilindro complexo ao redor da medula. Se forma uma rede vascular em cada nó pela fusão de dois simpódios e traçados de cladódio com um traçado de aréola e vários feixes acessórios, criando-se, assim, um sistema fechado. Entre esses feixes se formam uns grandes espaços vazios parenquimatosos rombóides, que ficam acima do ponto em que cada traçado de cladódio se desvia da rede vascular em direção à aréola. O xilema é simples e seus elementos de vaso (75 μm de largura) são mais numerosos que os elementos de traquéia dispersos (40 μm de largura). O feixe primário, assim como os elementos de traquéia do tecido vascular se caracterizam por engrossamentos helicoidais e anulares, com perfurações escaliformes ou reticuladas na parede secundária (Hamilton, 1970). São abundantes as células mucilagenosas e os grãos de amido esferoidais ao redor dos feixes vasculares. Freeman (1969) antecipou a teoria de que os canais ou

dutos mucilagenosos não se formam, mas há uma freqüente decomposição lisógena das paredes que separam as células mucilagenosas.

GEMAS FLORAIS

As gemas axilares na palma forrageira são aréolas que se desenvolveram muito cedo na axila do primórdio foliar. A aréola começa a evoluir como uma massa de células que se convertem rapidamente em um meristema apical de broto regular com todas suas zonas: túnica, células mãe centrais, zonas periféricas e meristema medular. Os espinhos e os gloquídios se desenvolvem num estágio muito precoce. Depois de um certo tempo (variável, longo ou curto) o meristema no centro da depressão das aréolas entra em dormência. Quando volta a ser ativo e cresce como um broto longo em vez de um broto curto, forma um ramo com folhas e aréolas ou produz um tipo de broto supermodificado que é a flor. Desses meristemas só se forma uma flor ou um broto de cladódio por aréola (Pimienta, 1985).

Várias características tornam a flor da palma forrageira única: dentro da copa floral há uma quantidade de segmentos de perianto levemente diferenciados como pétalas, há numerosos estames dispostos em espiral, um pistilo com quatro ou mais carpelos fundidos, e o ovário é unilocular com placentação parietal que parece estar encaixado no final de um ramo modificado (Broke, 1980). Além disso, a palma forrageira está entre as poucas espécies cuja parte externa do ovário inferior (o receptáculo) apresenta folhas e aréolas perfeitas, essa estrutura se converte, posteriormente, na casca da fruta.

À medida que a gema emerge, é possível verificar, através de seu volume espacial, se é vegetativo ou reprodutivo. A gema reprodutiva é mais esférica, enquanto que a vegetativa é mais plana, a proporção entre gemas florais e vegetativas é de 3:1 e 10 porcento dos cladódios podem ter ambos os tipos de gemas na mesma proporção (Sudzuki *et al.*, 1993).

As flores são hermafroditas e actinomorfas, desenvolvendo-se na parte superior dos cladódios de um ou dois anos e, ocasionalmente, em cladódios de três anos. Ambos os tipos de gemas podem se desenvolver na superfície plana mais iluminada do cladódio. A diferenciação floral ocorre num período muito curto, de 50 a 60 dias depois que o meristema começa a se ativar até a antese, em contraste com outras fruteiras (macieira, pereira, etc.), em que a diferenciação floral começa no ano anterior (Pimienta e Engelman, 1981). A parte estéril da flor é representada pelo perianto e há poucas diferenças entre as sépalas e as pétalas: as sépalas são pequenas, mas ambas são oblongas e fundidas em sua base, com uma cor amarela ou rosa brilhante. As flores amarelas mudam a cor para laranja ou rosa depois da fecundação.

Os numerosos estames estão fixados à base e inseridos na cavidade do receptáculo num arranjo fasciculado, desenvolvendo-se centrifugamente de tal forma, que o verticilo interno está abaixo do pistilo e o superior está na altura do estigma (Eames, 1961). Os filamentos estão livres e as anteras produzem uma grande quantidade de grãos de pólen que se libera antes dos óvulos (protândria), de acordo com Pimienta (1990), as anteras têm um movimento tigmotrópico.

No início da antese os estames estão perto do estilo e as anteras estão em contato com a base do pistilo. A protândria explica o processo autogâmico (clistogamia). A polinização é entomófila, quando a flor se abre, o estigma está acima dos estames (Pimienta, 1990).

O pistilo tem um estilo largo na base e um estigma saliente secionado, granular e viscoso, formado por dez septos com uma forma similar à da antera. O ovário é sincárpico, unilocular, formado por cinco carpelos e com uma placentação parietal.

Na *Opuntia* o funículo é mole e relativamente comprido, os óvulos têm três tegumentos verdadeiros (Archibald, 1935) sendo que o interno está além do externo. O terceiro tegumento é uma parte modificada de um dos dois tegumentos normais, uma vez que o funículo envolve

completamente o óvulo (Eames, 1961). Os óvulos são circinotrópicos, já que o funículo rodeia o óvulo e cobre a micrópila como um terceiro tegumento grosso. É possível observar essa estrutura em sementes da *O. ficus-indica*, onde está presente com o poro da micrópila muito livre. A superfície interna do funículo está coberta com pêlos curtos ou papilas, especialmente no ponto em que o funículo toca a micrópila, os óvulos estão dispostos em duas filas em cada sutura ventral saliente. Essa situação sugere que a união do carpelo é de margem a margem e que os feixes dorsais se estendem aos óvulos (Boke, 1980).

GRÃO DE PÓLEN

O grão de pólen tem uma capa externa grossa, a exina, cuja função é de proteção, muda de volume de acordo com a umidade (Eames, 1961). A capa interna é a intina, que é fina e se adapta rapidamente a mudanças de tamanho. O padrão da exina tem um valor taxonômico e filogenético, já que a parede pode se tornar grossa e complexa na estrutura e a capa externa aparece com estrias projetadas , espinhos e grânulos. Na *Opuntia* sp. os grãos de pólen são esferoidais, reticulados e policolpados, com 18 colpos, semelhantes aos grãos de pólen da *O. fuscicaulis,* descritos por Scheinvar (1985), e que tem 20 colpos. Há uma grande quantidade de grãos de pólen e é possível observar os tubos de pólen germinados sobre a superfície epidermal glandular do grosso canal estilar 24 horas depois da antese. A fecundação dos óvulos começa gradualmente 48 horas depois da antese e continua durante 10 dias. O padrão de fecundação foi denominado como sendo do tipo "progâmico", segundo Rosas e Pimienta (1986). A quantidade média de óvulos fecundados por flor depende da variedade (Rosas e Pimienta, 1986).

Na *Opuntia* sp. é comum a poliembrionia de origem nucelar, isso explica o desenvolvimento de duas ou três plantas por semente. Archibald (1935) estimou que a poliembrionia celular, juntamente com o desenvolvimento do endosperma com ou sem fecundação, ocorre na *O. vulgaris, O. ficus-indica* e em outras palmas forrageiras, mas não na *O. aurantiaca*, onde não há formação de endosperma, nem fecundação.

FRUTA E SEMENTES

A fruta tem sido chamada de uma "flor madura". É uma baga simples e carnosa, mas, como é formada por um ovário inferior fundido em tecido de caule do receptáculo, deveria ser considerado como uma baga falsa. A casca da fruta tem origem no receptáculo e tem a mesma morfologia do cladódio: uma epiderme com folhas efêmeras e aréolas perfeitas, nas quais os gloquídios são mais permanentes que nos cladódios, com uma hipoderme macia e uma casca volumosa com muitas células de mucilagem, porém sem cristais. A polpa se forma da protuberância dos tricomas originados nas células epidermais do funículo e do envoltório funicular (Boke, 1964), Pimienta e Engelman, 1985, Wessels e Croukamp, 1992).

O tamanho da fruta depende da quantidade de sementes fecundadas e abortadas (Archibald, 1935, Pimienta, 1990, Barbera *et al.*, 1994). Ainda não se determinou porque as sementes abortam.

Freqüentemente as frutas têm dois tipos de sementes estéreis, uma das quais predomina algumas vezes. A inviabilidade das sementes deve estar relacionada com a falha do óvulo ou com o embrião adventício jovem (Archibald, 1935). No último caso a nucela prossegue em seu crescimento, mesmo depois que se forma o embrião, e ao mesmo tempo o funículo muda para uma camada dura lignificada.

No Chile muitas frutas da *O. ficus-indica* apresentaram um terceiro tipo de semente inviável. É uma forma anômala , possível resultado do desenvolvimento do funículo para uma camada dura,

mas com um desenvolvimento ativo da nucela, que, eventualmente, emerge através do poro micropilar não bloqueado pelo óvulo.

O diâmetro equatorial é o que melhor representa o peso da frut fresca e seca. Comparações entre o desenvolvimento da casca e da parte comestível revelam que o crescimento da casca é maior durante as primeiras semanas depois da floração, enquanto que a parte comestível começa a se expandir principalmente ao longo das últimas cinco a seis semanas antes da maturação.

BIOLOGIA AMBIENTAL

por **P. S. Nobel**

University of California, Los Angeles, California

INTRODUÇÃO

As opuntias são nativas em diversos ambientes, desde abaixo do nível do mar nos desertos da Califórnia, até elevações de mais de 4.700 m nas montanhas do Peru; desde regiões tropicais do México, onde as temperaturas estão sempre acima de 5ºC (41ºF), a regiões do Canadá, que apresentam temperaturas de até -40°C no inverno (Nobel, 1988, 1994; Keely e Keely, 1989). Essa diversidade ecológica sugere que há uma grande variabilidade do gênero, que tem mais de 170 espécies, sendo o segundo em quantidade de espécies depois do gênero Mammillaria (aprox. 200 espécies) na família Cactaceae (1.600 espécies; Gibson e Nobel, 1986). A variabilidade genética é importante para fins de melhoramento vegetal, porém as opuntias têm tido pouca atenção nessa área, em comparação com outras culturas.

O sucesso agroecológico das opuntias e de outras cactáceas é, em parte, reflexo da captação atmosférica diária do dióxido de carbono (CO_2) e da perda de água, fenômenos que ocorrem principalmente durante a noite nessas plantas. A maioria das plantas abre seus estômatos ao amanhecer, quando começa a captação do CO_2 da atmosfera. Este, por sua vez, se incorpora a vários produtos da fotossíntese, processo que só ocorre sob a luz. A abertura dos estômatos também conduz a uma perda inevitável de água pelas plantas; a abertura dos estômatos durante o dia resulta numa perda de água maior que a que ocorre através dos mesmos estômatos abertos durante a noite, quando a temperatura é mais baixa e a umidade é mais alta. A perda de água da planta pode ser comparada com um trapo molhado que está secando: este pode secar em menos de uma hora por volta do meio dia no verão, mas também pode secar muito lentamente (ou nada) durante a noite.

A abertura dos estômatos durante a noite significa que a captação atmosférica de CO_2 ocorre no escuro, o que é uma situação diferente, reconhecida inicialmente no início do século dezenove. Em 1813 Benjamim Haeyne mordeu uma planta suculenta de *Kalanchoe pinnata,* da família Crassulaceae, várias vezes durante o dia; pela manhã as folhas tinham um sabor ácido, que se reduzia gradualmente no decorrer do dia. Antes disso, em 1804, Nicolas Théodore de Saussure havia deduzido que as opuntias absorviam o CO_2 atmosférico durante a noite e essas observações relacionavam isto com o intercâmbio de gases, hoje conhecido como metabolismo ácido das crassuláceas (em inglês, crassulacean acid metabolism - CAM), cujos detalhes foram elucidados nos anos 1970 e 1980. As plantas CAM tendem a ser nativas de regiões áridas e semi-áridas ou de microhabitats que sofrem secas periódicas, incluindo praias, locais rochosos e lugares tropicais em que cactáceas epífitas se desenvolvem em árvores.

As plantas CAM, assim como as opuntias, representam de 6 a 7% das quase 300.000 espécies de plantas (Ting, 1985; Winter, 1985; Nobel, 1991a); a maioria das espécies de plantas (92-93%) é do tipo C_3, cujo primeiro produto da fotossíntese é um composto de 3 carbonos. Somente 1% das espécies vegetais são do tipo C_4 (cujo primeiro produto da fotossíntese é um ácido orgânico com 4 carbonos), mas essas espécies são muito importantes sob o ponto de vista ecológico e agronômico, pois entre elas se incluem a cana de açúcar (*Saccharum afficinarum*), o sorgo (*Sorghum bicolor*), o milho (*Zea mays*) e muitas gramíneas tropicais selvagens. Comparativamente com essas culturas C_4 e C_3 (como alfafa, arroz e trigo), as plantas CAM são geralmente, e sem dúvida, mais lentas no crescimento; todavia, essa baixa produtividade não é inerente à característica

do metabolismo CAM, e não se aplica às espécies CAM de *O. ficus-indica* cultivadas em cerca de 30 países para obtenção de suas frutas, cladódios jovens (utilizados como verduras) e cladódios maduros (utilizados como forragem ou pastagem) (Russell e Felker, 1987; Nobel, 1988, 1994; Pimienta, 1990). Mesmo que a conservação de água seja de extrema importância para as opuntias, outras variáveis ambientais, como temperatura, iluminação, nutrientes e salinidade do solo, também afetam seu consumo diário de CO_2, produtividade, reprodução e sobrevivência.

CAM – CHAVE DA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

A chave para a conservação da água pelas plantas CAM é a abertura noturna dos estômatos, o que resulta que a maior parte de sua água se perca durante a noite (Figura 4A). Essa perda de água por transpiração é um preço que tem que ser pago pela captação atmosférica do CO_2 e sua incorporação em produtos fotossintéticos. A transpiração envolve a evaporação da água que se encontra dentro dos órgãos fotossintéticos (cladódios e caules), cujos espaços internos de ar se saturam de vapor de água. O teor de vapor de água no ar saturado aumenta exponencialmente com a temperatura, desde 6,8 g/m^3 a 5ºC, 17,3 g/m^3 a 20ºC e 39,7 g/m^3 a 35ºC. Por outro lado, o teor de vapor de água no ar que envolve as plantas (geralmente não saturado) não se altera muito durante o dia, a não ser que hajam mudanças drásticas no clima.

A velocidade da transpiração é proporcional à diferença entre o teor de vapor de água dentro dos órgãos fotossintéticos e o teor de vapor de água do ar que os envolve, bem como ao grau de abertura dos estômatos, que pode ser representado pela fração de área da superfície da planta ocupada pelos estômatos. Os poros dos estômatos da *O. ficus-indica* ocupam apenas 0,5% da superfície da planta, mesmo quando estão completamente abertos, enquanto que os estômatos das folhas de plantas altamente produtivas do tipo C_3 ou C_4 ocupam duas ou três vezes mais sua área foliar (Nobel, 1988; Pimienta *et al.*, 1992).

A perda de água de uma *O. ficus-indica* é muito menor que a de outras espécies altamente produtivas em virtude de: a) as plantas CAM têm uma proporção menor de área superficial aberta à atmosfera, se comparadas com as plantas C_3 ou C_4; b) a temperatura mais baixa à noite, que durante o dia, o que faz com que se reduza a diferença do teor de vapor de água entre as plantas e o ar que as rodeia. Assim, durante um período de 24 horas, a *O. ficus-indica* pode transpirar 11,3 moles (203 g) de água por m^2 de superfície, enquanto que a planta C_4 representativa e altamente produtiva pode perder cerca de 2,9 vezes mais e uma planta C_3 até 4,7 vezes mais (Figura 4A).

A captação atmosférica diária de CO_2 por hora entre representantes dos três tipos de sistema fotossintético (Figura 4B) é semelhante à perda diária de água por hora (Figura 4A). A velocidade líquida de captação atmosférica do CO_2 pelas folhas quase horizontais de plantas C_3 e C_4 aumenta gradualmente durante a manhã, à medida que o sol se levanta, e se reduz analogamente à tarde, à medida que baixa a incidência de luz sobre as folhas, com uma captação perto de zero ao amanhecer. Muitas plantas C_3 altamente produtivas tendem a um fechamento parcial dos estômatos perto do meio dia, o que resulta na redução de perda de água, mas também na redução da captação atmosférica do CO_2 (Figura 4). A velocidade máxima de captação atmosférica do CO_2 tende a ser maior em culturas C_4 altamente produtivas e menor nas espécies altamente produtivas CAM, como a *O. ficus-indica*, embora suas velocidades de absorção possam ser significativas durante a noite.

Além disso, plantas CAM bem regadas geralmente absorvem algum CO_2 pela manhã e no final da tarde, enquanto que as plantas C_3 e C_4 não absorvem nada durante a noite (Figura 4B). Assim, quando se considera um período inteiro de 24 horas, há uma captação atmosférica semelhante do CO_2 nas plantas altamente produtivas dos três sistemas fotossintéticos. Nos exemplos considerados (Figura 4B) a captação atmosférica diária do CO_2 é cerca de 10 porcento

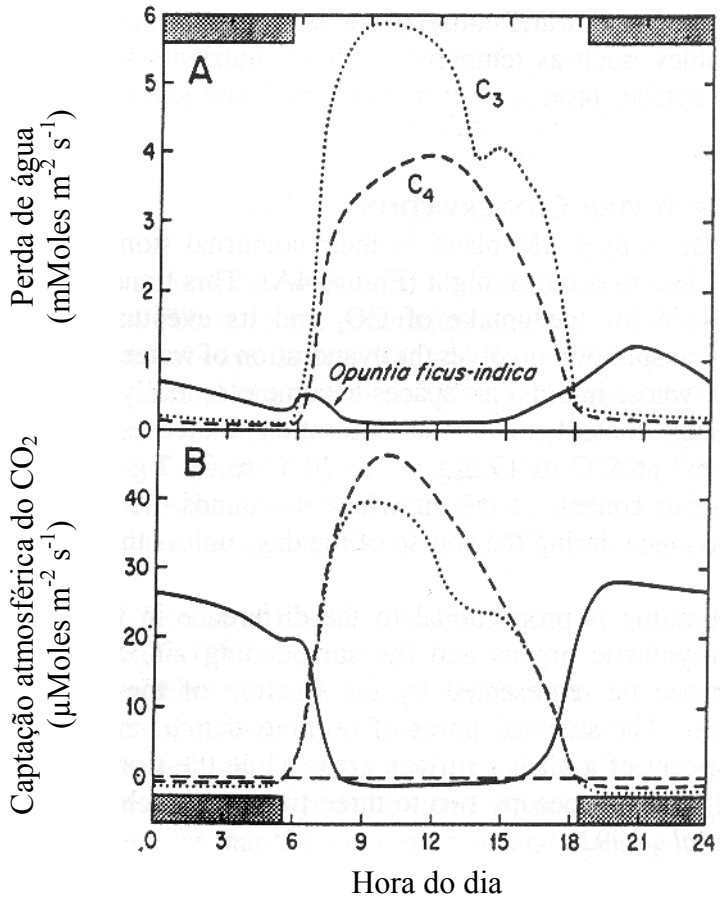


Figura 4. Perda diária de água (A) e captação atmosférica do CO_2 (B) para plantas representativas altamente produtivas dos tipos C_3 e C_4, bem como para a espécie CAM *O. ficus-indica*. As plantas foram fertilizadas, regadas e não tiveram sombra. Os dados foram obtidos em dias claros de verão com temperaturas máximas do ar de 30º a 35ºC e temperaturas mínimas noturnas do ar de 15º a 20ºC. (A área sombreada indica a noite).
Fonte: Nobel (1988, 1994) e P. S. Nobel (observações não publicadas).

maior para as plantas C_4, em comparação com a da *O. ficus-indica* (a captação atmosférica diária do CO_2 foi de 1,14 moles/m^2), e 10 porcento menor para as plantas C_3.

A relação entre a captação atmosférica do CO_2 e a perda diária de água é conhecida como eficiência do uso da água, que é uma medida da quantidade de água para produzir produtos fotossintéticos e, portanto, biomassa vegetal. A eficiência do uso da água, em condições de boa rega, é de quase 3 vezes maior na *O. ficus-indica* do que nas plantas representativas C_4 e cerca de 5 vezes maior do que nas plantas C_3, o que se deve à quantidade relativa de transpiração diária (Figura 4A). A vantagem pode ser ainda maior durante a seca, embora que a quantidade absoluta da captação atmosférica do CO_2 se reduza. Assim, a forma de conservação da água pelo intercâmbio gasoso da *O. ficus-indica* mais o uso da água armazenada nos caules suculentos permitem não somente a abertura noturna de seus estômatos, mas também que a captação atmosférica do CO_2 prossiga por um tempo maior durante condições de seca, em comparação com as plantas C_3 e C_4, que têm apenas abertura dos estômatos durante a dia e têm folhas finas e não suculentas.

MORFOLOGIA, ANATOMIA E BIOQUÍMICA

Uma característica fundamental das plantas CAM é sua suculência, que, nas opuntias, se manifesta de diversas formas: a nível morfológico por seus cladódios grossos e a nível anatômico por seus grandes vacúolos cheios de água nas células fotossintéticas e as diversas camadas de células armazenadoras de água. Os cladódios maduros têm geralmente uma espessura de 1 a 5 cm, sendo que a maior parte é um tecido esbranquiçado armazenador de água. O clorênquima verdoso, que contém clorofila e onde ocorre a fotossíntese, aparece como uma camada de 2 a 5 mm de espessura de cada lado do cladódio; ele se compõe de 15 a 40 camadas de células compactas. O parênquima armazenador de água também tem camadas compactas de células, ligeiramente maiores que as do clorênquima. Durante a seca, a água se perde preferencialmente do parênquima, permitindo que o clorênquima se mantenha bem hidratado e permitindo a continuidade da fotossíntese. Por exemplo: em duas semanas de seca, o clorênquima de cladódios finos (9 mm de espessura) da *Opuntia humifusa* reduz sua espessura em 22 porcento, enquanto que o parênquima se reduz em 46 porcento (Loik e Nobel, 1991). No caso da *O. ficus-indica* exposta a 13 semanas de seca, o clorênquima (que é 5 vezes mais grosso que o mencionado anteriormente) se reduziu em apenas 13 porcento, enquanto que o parênquima se reduziu em 50 porcento (Goldstein *et al*., 1991).

Na epiderme, que é a camada simples de células na parte externa do clorênquima, há adaptações que favorecem sua resistência à seca. A quantidade de estômatos por milímetro quadrado se situa entre 10 e 30 para várias opuntias, comparado com os 100 a 300 da parte baixa de folhas de plantas tipo C_3 ou C_4 (Conde, 1975; Pimienta *et al*., 1992; Nobel 1991b, 1994). Apesar do tamanho semelhante dos estômatos dessas plantas, a menor freqüência de estigmas nas opuntias é a razão para que sua superfície esteja menos coberta pelos poros dos estômatos. A epiderme está coberta por uma película cerosa que, geralmente, tem uma espessura de 10 a 50 μm para opuntias, enquanto que é de apenas 0,2 a 2 μm nas folhas de plantas tipo C_3 ou C_4 (Pimienta *et al*., 1992; Nobel, 1994); como uma película grossa é mais impermeável à água, as opuntias resistem mais à seca que as plantas tipo C_3 ou C_4. De fato, os caules de *Opuntia acanthocarpa, O. basilaris* e *O. bigelovii* podem reter água suficiente para permanecerem vivas durante três anos de seca (Smith e Madhaven, 1982; Gibson e Nobel, 1986).

As células de clorênquima das plantas CAM contêm vacúolos capazes de ocupar 90 porcento ou mais do volume celular, sendo que nesse local se acumulam os ácidos orgânicos durante a noite. O CO_2 atmosférico que entra pelos estômatos das opuntias durante a noite se une a um composto de 3 carbonos, o fosfoenolpiruvato (PEP), numa reação catalizada pela enzima PEP carboxilase. Isso resulta na formação de um ácido de 4 carbonos, o ácido oxaloacetato, que se converte rapidamente em ácido málico. A enzima carboxilase está presente no citosol, uma região que representa apenas 6 a 10 porcento do volume de uma célula de clorênquima de uma *Opuntia* (Nobel, 1988, 1994). Um acúmulo de ácido málico no pequeno citosol inibe rapidamente a formação de mais ácido málico; para evitar essa inibição, o ácido málico se desloca, juntamente com outros ácidos orgânicos formados durante a noite, para os vacúolos, onde são armazenados. Esse incremento noturno de ácidos orgânicos explica o aumento do sabor amargo que se nota durante a noite (observado por Benjamim Heyne) e é o princípio do teste para determinar a capacidade das opuntias e de outras plantas CAM a captação noturna do CO_2 atmosférico (Nobel, 1988).

Durante o dia, os estômatos das plantas CAM tendem a ficar fechados; o ácido málico se difunde fora dos vacúolos e se descarboxila, liberando CO_2 para o citosol dessa célula. O CO_2 se fixa em produtos fotossintéticos nos cloroplastos sob incidência de luz, utilizando a enzima ribulosa 1,5-difosfatocarboxilase/oxigenase (Rubisco), da mesma maneira como o fazem as plantas C_3. O CO_2 absorvido por opuntias bem regadas em períodos frescos do dia (pela manhã cedo e no final da

tarde) (Figura 4B), quando a perda de água é menor que durante o período quente diurno, aparentemente se fixa a produtos da fotossíntese, utilizando a enzima Rubisco.

RESPOSTAS AMBIENTAIS DO INTERCÂMBIO DE GASES

A captação atmosférica do CO_2 e o acúmulo resultante da biomassa das opuntias depende das condições ambientais. Os quatro principais fatores são o teor de água do solo, a temperatura do ar, a luz e vários elementos do solo.

Água do solo

A captação de água por uma planta ocorre sob condições úmidas, quando a energia da água ou o "potencial de água" do solo (Ψ_{solo}) é maior que a das raízes. As raízes das opuntias tendem a ser superficiais, sendo freqüente encontrá-las a uma profundidade média de solo de 10 a 15 cm (Nobel, 1988). Como o sistema radicular das opuntias representa apenas 7 a 12 porcento do peso seco de uma planta madura, o potencial de água dentro de uma raiz é, geralmente, determinado pelo do caule; em condições hidratadas, o caule suculento das opuntias tem um potencial alto de água, da ordem de -0,3 a -0,6 MPa (megapascal). Durante a seca, a água se perde principalmente através do caule, mas o potencial de água dos cladódios e das raízes permanece alto, se comparado com o de plantas não suculentas do tipo C_3 ou C_4; por exemplo, o potencial de água de um cladódio de *O. ficus-indica* se reduz a apenas -0,8 MPa depois de um mês de seca e a -1,0 MPa depois de dois meses, valores esses atingidos em poucas horas ou dias de seca em plantas do tipo C_3 ou C_4 (Nobel, 1988, 1991b).

Uma chuva de 10 mm é suficiente para umedecer o solo de uma zona radicular de opuntias, aumentando o Ψ_{solo} para um valor acima do potencial de água da raiz e, portanto, estimulando a captação de água; se essa chuva ocorrer em solo arenoso-argiloso, no qual se encontram principalmente as opuntias, o Ψ_{solo} permanece acima do potencial de água da raiz por alguns dias. Em situações de chuvas intensas em solos com menor capacidade de drenagem, o Ψ_{solo} se mantém por mais tempo acima do potencial de água da raiz, conseguindo, assim, prolongar a captação de água por mais tempo. Dessa maneira, a rega ou chuva semanal pode manter a continuidade da absorção de água nas opuntias sob condições de campo e de laboratório.

A seca se estabelece quando o Ψ_{solo} é menor que o potencial de água das raízes, momento a partir do qual cessa a captação de água do solo. A partir desse momento as plantas dependem da água armazenada em seus tecidos, o que leva a uma redução gradual da abertura dos estômatos e, portanto, a uma redução da captação atmosférica diária de CO_2 (Figura 5).

Durante a primeira semana de seca de uma *O. ficus-indica* não há saldo na captação atmosférica do CO_2, o que indica que seu suplemento de água ainda é adequado em solos arenosos bem drenados. Depois de três semanas de seca, a captação atmosférica diária do CO_2 começa a ser aproximadamente igual à metade da que havia sob uma boa condição hídrica e depois de cinco semanas de seca, a captação atmosférica do CO_2 se reduz a aproximadamente 10 porcento daquela da condição úmida (Figura 5).

Temperatura

A temperatura influencia todas as reações bioquímicas e, portanto, influencia a captação atmosférica do CO_2. A temperatura das células de clorênquima da *Opuntia*, onde ocorre a fixação inicial do CO_2 e a eventual síntese de produtos da fotossíntese, está, geralmente, na faixa de 1ºC acima ou abaixo da temperatura da superfície do cladódio. A temperatura da superfície, por sua vez,

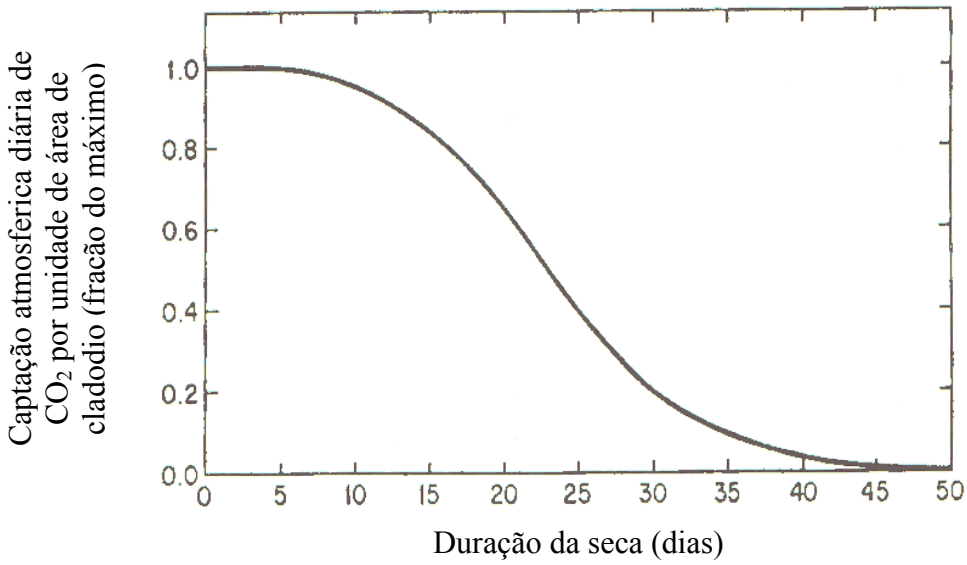


Figura 5. Influência da duração da seca sobre a captação atmosférica do CO_2 em períodos de 24 horas na *O. ficus-indica*. As plantas foram mantidas a uma temperatura do ar dia/noite de 25º/15ºC e a altos níveis de incidência de luz (DFFF de, pelo menos, 24 moles/m^2dia).
Fonte: Nobel e Hartsock, 1984.

é influenciada por muitos fatores, a saber: a temperatura localizada do ar; a velocidade localizada do vento, que é afetada pelos espinhos, pela vegetação das imediações e pela topografia; a incidência de luz, que varia continuamente durante o dia e é influenciada pela sombra inter e intraplanta e pela nebulosidade; a exposição ao solo, à pedras, ao céu e outras vegetações que determinam a incidência da radiação de onda longa sobre os cladódios; a espessura dos cladódios que afetam o acúmulo localizado de calor; e o contato com outros cladódios e o solo, que afeta a condução do calor (Nobel, 1991b). O fator mais importante que determina a temperatura da superfície do cladódio é a temperatura do ar, que é medida rapidamente no campo e no laboratório. Como a captação atmosférica do CO_2 nas opuntias ocorre principalmente durante a noite, uma temperatura importante do ar é a média da temperatura noturna. Em algumas ocasiões a temperatura noturna mínima é mais conveniente para previsão da captação atmosférica do CO_2, mesmo porque essas temperaturas estão mais disponíveis nos registros climáticos. Para testar a dependência da captação atmosférica diária de CO_2 da *O. ficus-indica* em função da temperatura em laboratório, ajusta-se a temperatura do ar durante o dia em 10ºC acima da temperatura noturna (Figura 6), que é semelhante à diferença da média da temperatura entre dia e noite que ocorre no campo.

A captação atmosférica diária máxima do CO_2 ocorre quando a temperatura do ar dia/noite é de 25º/15ºC; a 10º/5ºC a captação atmosférica do CO_2 se reduz em apenas 18 porcento em relação a seu valor máximo, que é o caso quando temos 30º/20ºC. Quando as temperaturas dia/noite aumentam para 35º/25ºC, a captação atmosférica do CO_2 se reduz em 60 porcento em relação a seu valor máximo. Para as temperaturas 44º/34°c (Figura 6) a captação atmosférica se torna zero. Tendo em vista que as temperaturas médias noturnas onde cresce a palma forrageira geralmente se situam acima de 5ºC e abaixo de 20ºC e, sobretudo, quando há água do solo disponível, a temperatura não é um fator limitante para a captação atmosférica do CO_2 (a presença esporádicas de temperaturas de congelamento podem afetar sua sobrevivência). Esse efeito modesto da temperatura sobre a captação atmosférica do CO_2 é feliz circunstância, já que a manipulação das temperaturas do ar no campo é difícil e cara.

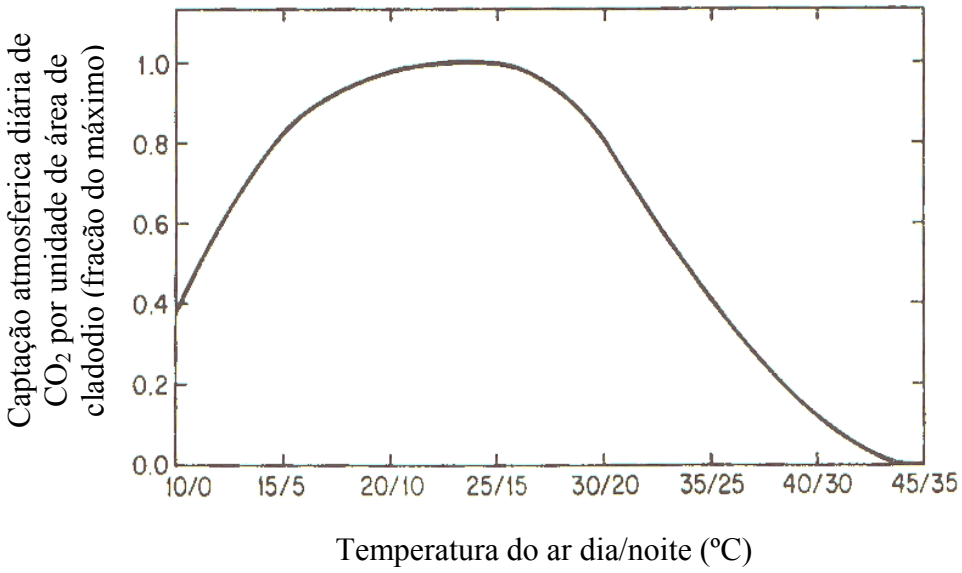


Figura 6. Influência da temperatura do ar dia/noite sobre a captação atmosférica do CO_2 por período de 24 horas na *O. ficus-indica*. As plantas foram bem regadas e se encontravam a altos níveis de luminosidade.
Fonte: Nobel e Hartsock,1984

Luz

A luz deve ser absorvida pelos pigmentos fotossintéticos, principalmente pela clorofila, para que ocorra a fotossíntese. Os comprimentos de onda envolvidos se encontram na parte visível do espectro eletromagnético (ente 400 e 700 nanômetros) e são considerados como fluxo de fótons fotossintético ou FFF (também conhecido como a densidade de fluxo de fótons fotossintético, DFFF). A luz se compõe de fótons individuais, de maneira que a unidade do FFF é "moles de fótons por unidade de área por unidade de tempo". Assim como a captação atmosférica do CO_2 para as plantas CAM é geralmente expressa com base num período de 24 horas, a incidência do FFF em suas superfícies fotossintéticas se soma em função do dia para obter o FFF total diário (Figura 7).

A maior parte da captação atmosférica do CO_2 pela *O. ficus-indica* (Figura 4B) e de outras plantas CAM ocorre durante a noite, quando o FFF instantâneo é zero e, portanto, não é possível a fotossíntese. Em contraste, a captação atmosférica do CO_2 ocorre juntamente com a absorção de luz e a fotossíntese durante o dia nas plantas tipo C_3 e C_4 (Figura 4B).

Para valores de FFF abaixo de 2 moles $m^{-2}dia^{-1}$ não há captação atmosférica do CO_2 na *O. ficus-indica*; e se libera uma quantidade de CO_2 num período de 24 horas (Figura 7). À medida que o FFF aumenta acima desse nível há captação atmosférica do CO_2, chegando à metade de seu máximo com um FFF de 13 moles $m^{-2}dia^{-1}$ e 90 porcento de seu máximo com um FFF de 22 moles $m^{-2}dia^{-1}$; a um FFF de aproximadamente 30 moles $m^{-2}dia^{-1}$ há uma saturação na captação atmosferica do CO_2 (Figura 7). Para ajudar a por esses valores de FFF em perspectiva, a incidência diária total de FFF numa superfície horizontal a 30º do equador, em dias claros, é de aproximadamente 23 moles $m^{-2}dia^{-1}$ no solstício de inverno, 47 no equinócio e 65 no solstício de verão (Nobel, 1980, 1986, 1988); para as opuntias, os valores de superfícies verticais são mais importantes, já que os cladódios tendem a ser verticais.

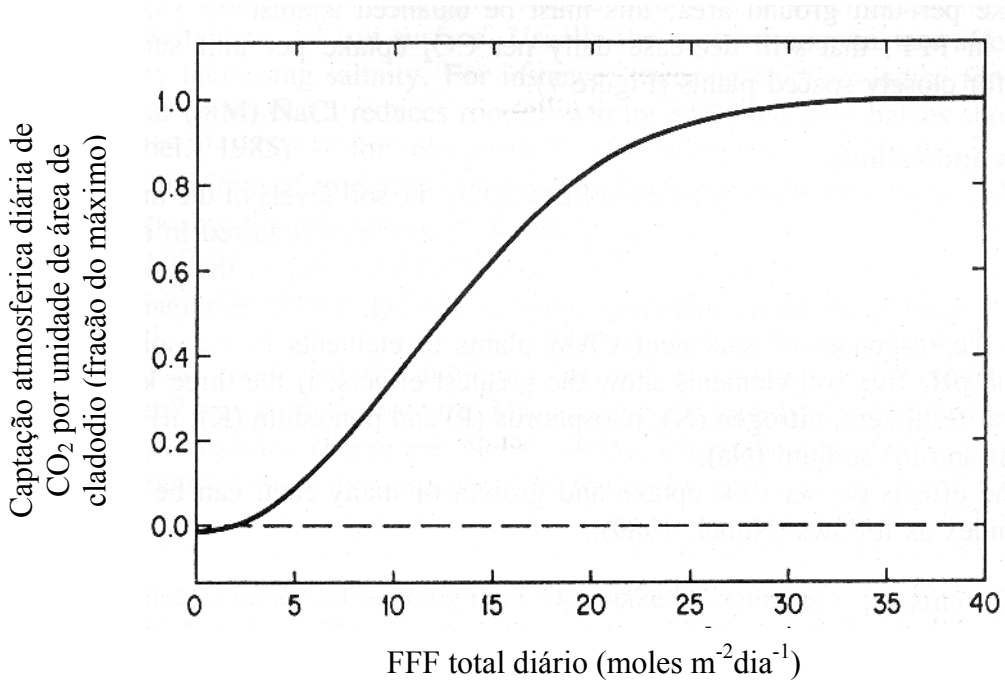


Figura 7. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos diários ativos sobre a captação atmosférica do CO_2 em períodos de 24 horas para *O. ficus-indica*. As plantas foram bem regadas e se encontravam a temperaturas do ar dia/noite de 25º/15ºC.
Fonte: Nobel e Hartsock, 1983.

A luz não pode passar pelos cladódios como acontece nas folhas finas de plantas C_3 e C_4; portanto, ambos os lados atuam como superfícies independentes, cujas trajetórias devem ser consideradas em relação à trajetória do sol. Estando-se a 30º do equador em um dia claro, o FFF total diário das superfícies voltadas para o norte, leste ou oeste e sul é de 6, 13 e 32 moles $m^{-2}dia^{-1}$, respectivamente, no solstício de inverno; de 7, 25 e 33 moles/m^2dia, respectivamente, no equinócio; e de 15, 32 e 14 moles $m^{-2}dia^{-1}$, respectivamente, no solstício de verão (Nobel, 1986, 1988). Quando se calcula a média de todas as orientações durante um ano inteiro, o FFF diário total para dias claros e cladódios não sombreados é de 21 moles $m^{-2}dia^{-1}$ para latitudes baixas (0º-20º do equador), 21 moles $m^{-2}dia^{-1}$ para latitudes médias (20º-40º do equador) e 17 moles $m^{-2}dia^{-1}$ para latitudes altas (40º-60º do equador); os valores são menores quando se levam em consideração dias nublados e com sombra.

Os cladódios que têm uma orientação favorável quanto à captação dos FFF, têm uma captação atmosférica do CO_2 maior que os cladódios com outra orientação ou que estejam com muita sombra. Uma captação atmosférica maior do CO_2 pelo cladódio resulta num aumento da produção de cladódios filhos. Como estes últimos tendem a surgir na mesma orientação do cladódio mãe, no campo ocorrem diferentes orientações e, particularmente, no caso de plantas isoladas que não recebem sombra da vegetação contígua (Nobel, 1986, 1988). Uma orientação leste-oeste maximiza a captação de FFF e, portanto, a captação atmosférica de CO_2 anual (Figura 7). Em consonância com o exposto, sabe-se que nas opuntias há mais cladódios que estão na direção leste-oeste.

Agronomicamente é importante a consideração da sombra, pois permite a avaliação do espaçamento no que se refere à captação dos FFF pelos cladódios (García de Cortázar e Nobel,

1991, 1992). Um objetivo agronômico comum é o de maximizar a produtividade por unidade de área do solo; mais plantas e, portanto, mais cladódios por hectare (10.000 m^2) tendem a aumentar a captação atmosférica do CO_2 por unidade de área do solo. Isso deve ser confrontado com a incidência de sombra e, portanto, com uma redução do FFF, o que reduziria a captação atmosférica diária do CO_2 por unidade de área de cladódio em plantas com muito pouco espaçamento (Figura 7).

Nutrientes e salinidade

A captação atmosférica do CO_2 e o crescimento das opuntias são influenciados pelos níveis de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (cerca de 12 elementos que as plantas requerem em pequenas quantidades) disponíveis no solo. O aumento dos níveis de sódio (Na) no solo inibem a captação atmosférica do CO_2 e o crescimento das cactáceas, incluindo as opuntias (Nobel, 1988; Hatzmann *et al*., 1991). Embora as respostas das plantas suculentas CAM aos elementos do solo dependam da textura do solo e do pH, há cinco elementos que provocam os maiores efeitos: i) os três ingredientes fundamentais dos fertilizantes agrícolas, ou seja, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K); ii) o micronutriente boro (B); iii) o sódio (Na).

Pode-se resumir os efeitos da captação atmosférica do CO_2 e o crescimento em várias cactáceas com um índice nutricional, conforme a seguir (Nobel, 1989):

Influência dos elementos do solo sobre a captação atmosferica do CO_2 =

$$(1{,}418 + 0{,}348 \ln N) \times [1 + 0{,}195 \ln (P/60)]$$

$$\times [1 + 0{,}177 \ln (K/250)] \times (B^{0{,}213}) \times (1 - 0{,}00288\ Na)$$

(Equação 1)

em que ln é o logaritmo natural; N é a percentagem em peso seco até 0,3% (o termo dentro do primeiro parêntesis é numericamente igual à unidade a = 0,3% N, e, aumentando esse nível, geralmente não aumenta a captação de CO_2); P está em partes por milhão (ppm) em peso seco até 60 ppm; o K está em partes por milhão até 250 ppm; o B está em partes por milhão até 1 ppm; e o Na está em partes por milhão até 150 ppm (o efeito inibitório depende da espécie).

A equação 1, que é adequada para um solo arenoso-argiloso, indica que o nível de nitrogênio é responsável pela metade da captação atmosférica máxima de CO_2 ou um crescimento de 0,07%; esse valor é superior ao nível de N de alguns solos pobres de regiões áridas e semi-áridas, mas geralmente é inferior à maioria dos solos agrícolas. Apesar disso, a fertilização com nitrogênio geralmente aumenta a produtividade da *O. ficus-indica* e de outras opuntias comerciais importantes (Nobel *et al*., 1987).

Os níveis de P e K responsáveis pela metade do crescimento máximo das opuntias é relativamente baixo: 5 e 3 ppm, respectivamente, (calculados mediante aplicação da equação 1), razão porque esses elementos raramente são fatores limitantes. Além disso, pode haver um bom crescimento de *O. ficus-indica* em solos cujo teor de P seja muito baixo para a maioria das plantas C_3 e C_4 (Nobel, 1988); nesse caso, o teor de P nos tecidos de opuntias de crescimento rápido pode estar abaixo do nível necessário para a alimentação do gado. Os dados sobre a influência do B no crescimento das cactáceas se referem principalmente as opuntias em solos com alto teor de boratos no Deserto de Sonora em comparação com solos de baixo teor de boratos no Deserto de Chihuahua. O boro afeta o metabolismo dos carboidratos de uma forma ainda não entendida e é provável que não seja uma limitante para as opuntias na maioria dos solos agrícolas.

A salinidade do solo a 100 ppm inibe a captação atmosférica de CO_2 e o crescimento das opuntias em 30% (equação 1). Esses níveis geralmente são ultrapassados em solos regados, bem como sob condições naturais, quando as altas temperaturas provocam altas taxas de evaporação com o conseqüente acúmulo de sais na superfície do solo. Por exemplo, regando a *O. ficus-indica* durante 6 meses com uma solução de 60 milimoles (mM) de NaCl resulta em 84% menos crescimento da raiz e na metade do crescimento dos brotos (Berry e Nobel, 1985). Comparativamente a água do mar tem o equivalente a 500 mM de NaCl. A inibição do crescimento da raiz é menor em períodos curtos de exposição, porém maior para uma única raiz: expondo-se todo o sistema radicular da *O. ficus-indica* durante 10 semanas a 30 mM de NaCl, seu crescimento se reduz em 16%, mas se se eleva o NaCl a 100 mM, a redução é de 38% (Nerd *et al*., 1991a). quando se expõe uma única raiz à salinidade de 30 mM de NaCl durante 4 semanas, seu crescimento se reduz em 40%, mas se reduz em 93% se a concentração salina é de 100 mM de NaCl (Gersani *et al*., 1993). A salinidade induz a uma abscisão de raízes laterais e a uma inibição da expansão celular na zona de alongamento, que começa a 2 mm do ápice das raízes. Além do mais, o Na quase não chega aos brotos de *O. ficus-indica* (Berry e Nobel, 1985), onde as enzimas envolvidas na fixação do CO_2 parecem ser muito sensíveis à inibição com a salinidade.

Alta concentração de CO_2 na atmosfera

Outro fator ambiental que influi na absorção do CO_2 por opuntias é o teor de CO_2 na atmosfera, que em 1994 era de aproximadamente 360 ppm em volume. Atualmente esse valor está aumentando cerca de 2 ppm por ano, sobretudo devido à combustão de fósseis (Keeling e Whorf, 1990). O teor de CO_2 na atmosfera poderá duplicar no próximo século, se se continuar aumentando o consumo de combustíveis fósseis como tem sido feito até o presente momento. Isso teria uma influência importante sobre a captação atmosférica do CO_2 pelas plantas.

Duplicando o teor de CO_2 em relação ao valor atual, aumentará o peso seco dos cladódios filhos da *O. ficus-indica* em 26% em 6 meses (Nobel e García de Cortázar, 1991); esse incremento reflete um aumento da captação atmosferica do CO_2, particularmente durante o dia. Por exemplo, a captação atmosférica do CO_2 depois de 2 meses aumenta em 49% quando se duplica o teor do CO_2 (Cui *et al*., 1993). A indução inicial a um acúmulo de carbono devido a um aumento no CO_2 reflete parcialmente o grande estímulo ao crescimento radicular da *O. ficus-indica*; todavia, essa indução a uma maior captação atmosférica do CO_2 e produtividade de biomassa se reduz durante uma exposição mais prolongada a alto teor de CO_2 na atmosfera, ao se limitar outros fatores, como níveis de luz e volume do solo.

PRODUTIVIDADE

A produtividade depende da captação atmosférica diária do CO_2 e é um indicativo dos efeitos integrados do ambiente sobre o crescimento. Os fatores ambientais individuais que afetam a captação atmosférica do CO_2 da *O. ficus-indica* interagem multiplicativamente para determinar essa captação. Particularmente, pode-se utilizar um índice ambiental de produtividade (IAP) para prever a captação atmosferica do CO_2 sob qualquer condição ambiental (Nobel, 1988, 1991a):

Fração da captação atmosférica máxima diária de CO_2 = IAP

= Índice hídrico x Índice Temperatura x Índice FFF

(Equação 2)

O Índice Hídrico representa a limitante fracionária da captação atmosférica do CO_2, devido aos níveis de umidade do solo, que estão diretamente relacionados com a duração da seca (Figura 5). Analogamente, o Índice de Temperatura quantifica a limitante da captação atmosférica do CO_2 devido à temperatura do ar (Figura 6) e o Índice FFF a limitante da captação atmosférica do CO_2 devida à luz (Figura 7). O efeito dia após dia das condições ambientais sobre a captação atmosférica do CO_2 pode, portanto, ser quantificado através dos três fatores ambientais fundamentais para se determinar o limite global do ambiente sobre a captação atmosférica do CO_2 (equação 2) e, portanto, a produtividade. Se também forem incluídos os fatores do solo, esse IAP é multiplicado pelo efeito de vários elementos do solo na captação atmosférica do CO_2 (equação 1).

Como os efeitos dos fatores ambientais individuais sobre a captação atmosférica do CO_2 podem ser previstos para a *O. ficus-indica* e outras opuntias, pode-se desenvolver estratégias de plantação e manejo, visando a maximização da produtividade. A chave é o Índice FFF que é influenciado pelo espaçamento das plantas e, portanto, pelo sombreamento entre elas. Quando as plantas estão afastadas entre si o Índice FFF por unidade de área do cladódio é alto, mas a produtividade por unidade de área do solo é baixa (Figura 8).

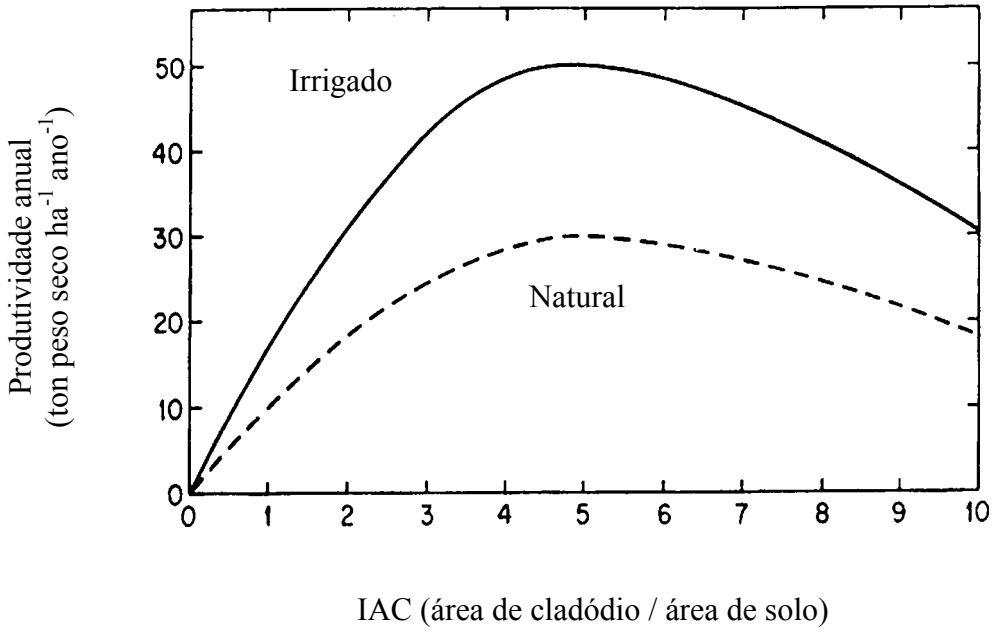


Figura 8. Produtividade prevista de *O. ficus-indica* para vários espaçamentos e, portanto, para valores do índice de área de cladódio (IAC). As previsões geradas em computador são para condições de boa rega e para um Índice Hídrico típico (natural) perto de Santiago, Chile. *Fonte*: García de Cortázar e Nobel, 1991; Nobel , 1991a

A produtividade aumenta à medida que a área de superfície dos cladódios por unidade de solo aumenta, o que é conhecido como Índice de Área de Cladódios (IAC). Com um IAC (nas outras plantas, IAF – Índice de Área Foliar) de 4 a 5, que indica que a área de ambos os lados dos cladódios é 4 a 5 vezes maior que a área do solo, a produtividade é máxima. Quando as plantas estão mais juntas ou têm mais cladódios, o IAC aumenta, mas a produtividade se reduz (Figura 8).

Essa redução reflete a diminuição da média de incidência de FFF nos cladódios e, portanto, a redução de captação atmosférica do CO_2 por unidade de área de cladódio (Figura 7).

A produtividade da *O. ficus-indica* com o IAC ótimo pode ser muito alta, especialmente quando as plantas são regadas em regiões com temperatura moderada. Por exemplo, estimou-se e mediu-se uma produtividade de 50 ton peso seco por ha e ano perto de Santiago, Chile (Figura 8) (Nobel, 1991a; García de Cortázar e Nobel, 1990, 1991, 1992). A *Opuntia amyclaea* chega a produzir 45 ton por ha e ano em Saltillo, Coahuila, México para plantas que são podadas, para manter um IAC ótimo, e regadas diariamente, para manter o Índice Hídrico em 1,00 (Nobel *et al*., 1992). Para uma avaliação dessas produtividades tão altas em comparação com outras espécies, cabe mencionar que a produtividade das quatro culturas C_3 mais produtivas é de 38 ton por ha e ano e a das quatro árvores C_4 de crescimento mais rápido é de 41 ton por ha e ano (Nobel, 1991a). De todas as plantas, as C_4 de maior produção têm a máxima produtividade, beirando uma média de 56 ton por ha e ano; essas plantas foram melhoradas geneticamente para obtenção de altos rendimentos, enquanto que as plantas CAM ainda não receberam essa atenção (Nobel, 1989a). Recentemente tem havido esforços para melhorar o rendimento das partes colhidas, que em opuntias são os cladódios (Figura 8) ou as frutas; a quantidade de frutas produzidas por cladódio depende do peso seco acumulado nos cladódios, o que, por sua vez, depende da captação atmosférica do CO_2. Na *O. ficus-indica* os cladódios que têm mais peso seco que a média para um determinado tamanho, tendem a produzir mais frutas (García de Cortázar e Nobel, 1992).

TOLERÂNCIAS A TEMPERATURAS EXTREMAS

As temperaturas extremas danificam as plantas e são um fator que limita sua distribuição natural e sua presença em regiões onde se cultivam espécies individuais. As cactáceas em geral e as opuntias em particular são extremamente tolerantes a altas temperaturas. Por exemplo, quando a *O. ficus-indica* é exposta a temperaturas que são incrementadas gradualmente num período de semanas, ela pode permanecer viva ao ser exposta a 65ºC durante uma hora (Nobel, 1988). Por outro lado, as baixas temperaturas restringem as regiões em que se pode cultivar a *O. ficus-indica* e outras opuntias.

A sensibilidade a baixas temperaturas varia muito entre as opuntias. Várias espécies comerciais, como a *O. ficus-indica* e a *O. streptacantha* morrem entre -5º e -8ºC, mas, por outro lado, a *O. humifusa*, nativa de 25 estados nos Estados Unidos e de Ontario no Canadá, pode tolerar -24ºC (Nobel e Loik, 1990) e a *O. fragilis*, que se encontra na latitude 57º N em Alberta, Canadá, pode tolerar -40ºC (Loik e Nobel, 1993). As espécies que têm uma grande tolerância em relação ao frio também apresentam um endurecimento à aclimatação a baixas temperaturas, o que demonstra sua capacidade para tolerar o frio quando são expostas a reduções graduais de temperaturas.

A tolerância a baixas temperaturas e a aclimatação ao frio estão relacionadas ao conteúdo de água dos cladódios: os cladódios com menos água tendem a suportar melhor o frio. Quando a temperatura baixaa menos de 0ºC a água se congela e se forma gelo entre as células dos cladódios das opuntias. Isso retira água da célula e pode matá-la, analogamente à morte celular por seca prolongada (Nobel, 1988). Várias moléculas denominadas "crioprotectantes" podem reduzir o dano causado por essa desidratação. Essas moléculas se concentram nas células das opuntias, embora suas funções como protetoras das células contra danos por frio ainda não estejam esclarecidas.

CONCLUSÕES

A *O. ficus-indica* e outras opuntias podem ter uma alta produtividade anual, o que indica a possibilidade de um aumento em sua utilização no futuro. As respostas de sua captação atmosférica do CO_2 em relação a fatores como umidade do solo, temperatura do ar e níveis de luz são conhecidas, de maneira que sua produtividade pode ser prevista para vários ambientes. Os dois fatores que merecem atenção genética são a tolerância à salinidade e às baixas temperaturas. A grande variabilidade do gênero para tolerar as baixas temperaturas deixa transparecer que são possíveis avanços importantes nessa disciplina, o que atualmente é um fator limitante para o cultivo da *O. ficus-indica* nos Estados Unidos e outras regiões.

RECONHECIMENTOS

As pesquisas relatadas nesta revisão foram patrocinadas pela Divisão de Ciências Ambientais, Escritório de Pesquisas da Saúde e do Meio Ambiente, Departamento de Energia dos Estados Unidos.

BIOLOGIA REPRODUTIVA

por **A. Nerd e Y. Mizrahi**

Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel

INTRODUÇÃO

Muitas espécies de cactáceas produzem frutas comestíveis, todavia como cultivos para a produção de frutas só se conhecem as espécies de um grupo, a *platyopuntia*, que apresentam segmentos planos de caule. As espécies de outros grupos, como as cactáceas colunares e as cactáceas rasteiras (epífitas) são muito apreciadas pelo camponês em sua área nativa e só recentemente foram estudadas, visando cultivá-las em plantações comerciais (Nerd *et al.*., 1993a).

A palma forrageira *O. ficus-indica* (L.) Mill. é muito difundida e é a cultura mais conhecida de *platyopuntia*. Sua produtividade é comparável com a das culturas agrícolas mais produtivas (Nobel, 1988). Uma grande quantidade de cultivares que diferem entre si nas características de suas frutas encontram-se disponíveis dentro das espécies (Barbera e Inglese, 1993; Pimienta, 1990; Wessels, 1988), mas pouco tem sido publicado sobre sua diversidade em relação a sua frutificação (fenologia, comportamento de floração, desenvolvimento das frutas). A presente revisão abrange as informações comuns sobre a *O. ficus-indica* e as complementares coletadas para outras espécies de *Opuntia*.

FERTILIDADE DOS CLADÓDIOS

As flores das palmas forrageiras aparecem principalmente nos cladódios terminais formados durante o ciclo anterior de crescimento, embora os cladódios subterminais também produzam flores (Inglese *et al*., 1994; Portolano, 1962; Wessels, 1988). Analogamente às gemas vegetativas, as gemas florais aparecem como aréolas localizadas na periferia dos cladódios e, principalmente, na periferia superior. Os principais cladódios reprodutivos que portam as flores do ciclo da primavera foram formados no ano anterior. Em plantações que produzem um ciclo no outono, além do ciclo primaveril, as flores do outono pertencem ao ciclo de crescimento da primavera anterior (Nerd e Mizrahi, 1993).

Muito antes da colheita, os cladódios formados durante o ciclo primaveril atingem sua maturação e estão prontos para produzir flores. Em um estudo recente foi verificado que, quando se eliminavam as flores do ciclo natural da primavera durante o mês de junho (na metade do ciclo de crescimento da fruta), apareciam novas flores entre duas e seis semanas depois, tanto nos cladódios do ciclo anterior, quanto nos recém-formados (Nerd e Mizrahi, 1993); as gemas florais brotam primeiro nos cladódios velhos e, depois, nos cladódios novos. No cladódio novo o fato de atingir essa fertilidade estava associado a um aumento do peso seco de 29 g no início do ciclo a 60 g no final. García de Cortázar e Nobel (1992) mostraram que o peso seco tendia a aumentar com a superfície da área do cladódio, e os cladódios se tornavam produtivos quando seu peso seco excedia em, pelo menos, 33 g o peso seco mínimo de uma superfície de área determinada.

Como a maioria das gemas se desenvolvem para frutas, a quantidade de frutas produzidas por uma planta é função da quantidade de cladódios férteis e da quantidade média de gemas florais

por cladódio. Os cladódios terminais sombreados quase sempre são inférteis (Pimienta, 1990), enquanto que os que estão expostos à luz produzem uma quantidade de flores entre zero e vinte ou mais. Nas palmas forrageiras se conhece muito pouco a respeito da influência dos fatores ambientais e endógenos sobre a fertilidade dos cladódios. Em plantações altamente produtivas de oito anos, aproximadamente 80% dos cladódios terminais produziram frutas na primavera, com uma média de oito frutas por cladódio (Nerd *et al*., 1993; Inglese *et al*., 1994). No caso de uma plantação com rendimentos alternados, o ciclo de baixa colheita foi associado a uma iniciação reduzida de gemas florais, mas a velocidade de formação do cladódio terminal foi igual a dos ciclos com ou sem colheita (Barbera *et al*., 1991).

FLORAÇÃO

O surgimento de flores marca o início do período reprodutivo. Na primavera, o processo completo de crescimento da gema floral, desde a iniciação do broto até seu desenvolvimento pleno e antese, tem uma duração de seis a sete semanas (Barbera *et al*., 1992; Pimienta, 1990). As flores ganham muito peso durante o processo e seu peso final corresponde a 20-30 porcento do peso da fruta fresca. O crescimento do volume e o peso fresco acumulado são sigmóides, sendo que a fase de crescimento rápido se inicia depois de iniciada a gema e termina uma semana antes da antese. As gemas florais se diferenciam alguns dias antes da brotação (Nieddu e Spano, 1992; Rivera *et al*., 1981).

O primeiro sinal da estrutura floral pode ser observado ao microscópio quando as gemas atingem um comprimento de 4 a 5 mm; nesse estágio as gemas florais se tornam esféricas e se distinguem facilmente das gemas vegetativas, que são planas. A maioria das gemas florais chegam à antese, todavia, uma temperatura baixa por ocasião da brotação pode causar uma alta mortalidade nas flores pequenas (Berd *et al*., 1991).

O período de aparecimento das flores se espalham por várias semanas e as plantas podem ter simultaneamente gemas iniciadas, flores e frutas jovens (Nerd *et al*., 1989; Wessels e Swart, 1990). Isso tem reflexo sobre o tipo de floração e maturação, que também se espalham por um período de várias semanas. O período de maturação, no entanto, é mais concentrado que o período de aparecimento dos brotos. Wessels e Swart (1990) relacionaram essa diferença com uma freqüencia maior de gemas precoces que tardias.

O aparecimento de flores tão assíncrono pode apresentar vantagens ecológicas, já que as plantas reagem favoravelmente à incidência de geadas de primavera que são comuns no fim da temporada de inverno nas áreas nativas.

São escassos os experimentos controlados, feitos para análise do efeito dos fatores ambientais sobre a floração da palma forrageira, e, para se ter uma idéia a respeito de quais fatores são os que induzem à formação de flores, é necessário observar sua resposta à floração sob diferentes condições ambientais. Nas regiões subtropicais a iniciação das gemas florais ocorre principalmente no ciclo da primavera, depois do frio inverno, o que coincide com um aumento das temperaturas e a duração (longitude) do dia em março-abril no hemisfério norte e em setembro-outubro no hemisfério sul (Barbera *et al*., 1992; Pimienta, 1990; Wessels, 1988). Isso parece sugerir que a produção de flores é induzida por baixas temperaturas e pelo aumento da duração do dia. Num estudo de campo (não publicado), foi verificado que, plantas cobertas com plástico durante o inverno e a parte inicial da primavera (novembro-março) a título de proteção contra o frio, produziram poucos brotos além de primordialmente vegetativos, sugerindo, novamente, que o frio é imprescindível para a iniciação das gemas florais. Por outro lado, a redução observada pode ter sido devida a uma combinação de altas temperaturas com uma menor radiação fotossintética ativa (RFA). Em outro estudo, os cladódios terminais foram eliminados no início e no final do inverno e

colocados sob condições de 20 porcento menos RFA sob um viveiro sombreado e numa estufa (Figura 9). No viveiro sombreado o aparecimento dos brotos ocorreu ao mesmo tempo que nos cladódios das plantas em campo aberto, enquanto que na estufa o aparecimento dos brotos nos cladódios cortados precocemente se atrasou ligeiramente e nos cortados tardiamente ocorreu mais cedo que nas plantas em campo aberto. Nos cladódios sob estufa foram produzidos menos flores, em comparação com os que estavam sob o viveiro sombreado e, sobretudo, nos cladódios cortados tardiamente. O resultado do caso sob estufa indica que, com frio seguido de altas temperaturas, há uma aceleração no aparecimento de flores. Não obstante, os resultados desse experimento devem ser vistos com cuidado, uma vez que os cladódios colhidos não tinham raízes, o que também pode influir na iniciação floral.

Não existem estudos documentados que discutam o efeito da duração do dia sobre a iniciação floral da palma forrageira. Todavia, há informações de que um aumento do fotoperíodo, mantendo constante o RFA, resulta num aumento da iniciação dos cladódios e de seu crescimento, o que estaria associado a um aumento da captação atmosférica do CO_2 (Nobel, 1988).

Observações de campo mostraram que, com um incremento da temperatura, se estimula a iniciação das gemas depois do inverno. No México a floração se retarda com o aumento da altitude (Pimienta, 1990). No deserto de Negev em Israel, a iniciação floral ocorre entre meados de fevereiro e início de maio, dependendo da temperatura (Figura 10). De acordo com esses resultados, uma temperatura média de 15º a 16ºC parece ser o limite para a abertura da gema.

Como a fruta precoce é a que tem o melhor preço, tentou-se promover a iniciação floral no campo, cobrindo-se as plantas com plástico no início da primavera (Nerd *et al*., 1989). O aparecimento dos brotos começou mais cedo, em comparação com plantas não cobertas, porém a cobertura reduziu significativamente a quantidade de flores, o que é uma característica indesejável.

A eliminação da floração primaveril induz a um segunda floração algumas semanas depois (Barbera *et al*., 1991; Britsch e Scott, 1991; Brutsch, 1992); essa capacidade de refloração é muito explorada pelos agricultores da Sicília para obter uma colheita tardia (Barbera *et al*., 1992). A prática comum (conhecida como *scozzolatura*) é eliminar todos os cladódios novos e flores durante a floração (junho); a produção resultante da nova floração é colhida entre meados de outubro e início de novembro, isto é, 7 a 11 semanas mais tarde que a colheita normal.

Os estudos referentes à *scozzolatura* mostram que a floração artificial está intimamente relacionada com a natural. As novas flores se formam nos cladódios produtivos do ciclo natural e a quantidade de flores por cladódio se correlaciona positivamente com a quantidade inicial de brotos que havia no ciclo natural (Barbera *et al*., 1991). Atrasando a *scozzolatura* até o fim da floração e até estágios pós-floração, se inibe significativamente o aparecimento de novas flores (Barbera *et al*., 1991; Brutsch e Scott, 1991; Portolano, 1962). Recentemente foi mostrado que o grau de refloração estava relacionado linearmente com o rigor da eliminação dos novos cladódios (ciclo primaveril), não obstante, a eliminação dos novos cladódios é menos crítico para a floração que a eliminação das flores novas (Inglese *et al*., 1994).

A informação citada acima dá a entender que há muito mais gemas florais prontas para brotar que as que se iniciaram no ciclo natural e que os brotos que se abrem precocemente inibem a iniciação dos outros. A diminuição na iniciação das gemas florais em função do tempo pode estar relacionada com o efeito da inibição acumulada de flores e frutas em desenvolvimento sobre os cladódios. Barbera *et al*. (1993) demonstrou que, com a aplicação de ácido giberélico (AG) a partir do momento da eliminação da floração primaveril até 3 dias depois, se evitava completamente a nova floração. Cladódios tratados com o AG, 6-12 dias depois da eliminação da floração primaveril produziam frutas com menos sementes e com eixo alongado.

Como se viu, a floração da palma forrageira não se restringe à primavera. Sabe-se que, com o solo úmido, as flores podem aparecer em qualquer época durante a temporada de calor. Houve informações sobre uma pequena brotação de outono, com frutas maduras e de valor comercial no

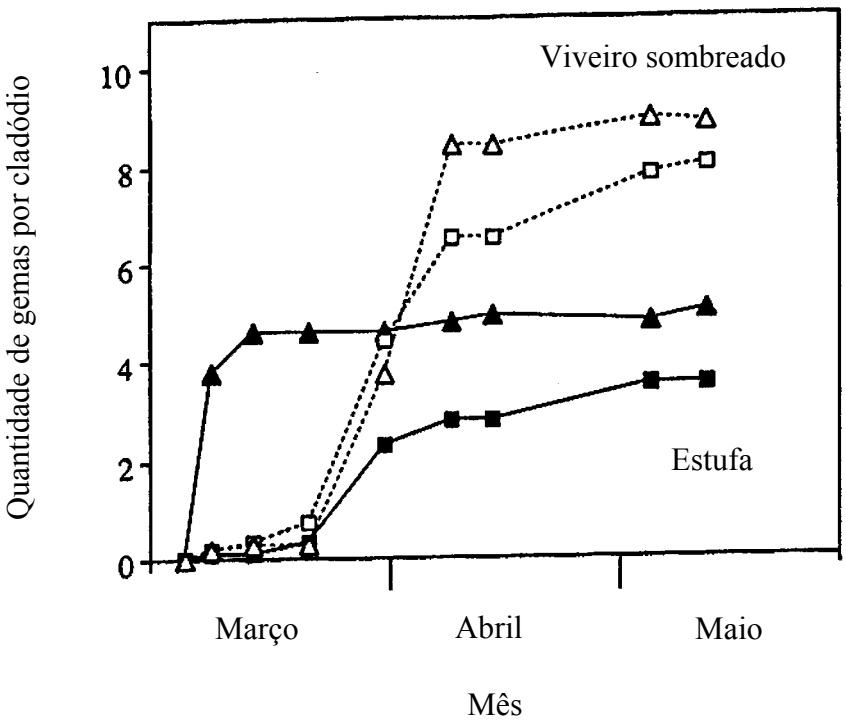


Figura 9. Floração em cladódios cortados, colocados sob viveiro sombreado ou em estufa em Beer-Sheva, Israel. Os cladódios foram eliminados da plantação em Beer-Sheva em 25.12.92. (□■) e em 28.2.93 (▽▲). As temperaturas médias foram de: no viveiro sombreado e em Beer-Sheva ver Figura 10; na estufa: 21ºC. As temperaturas diárias máxima/mínima na estufa foram de 35º/17ºC.

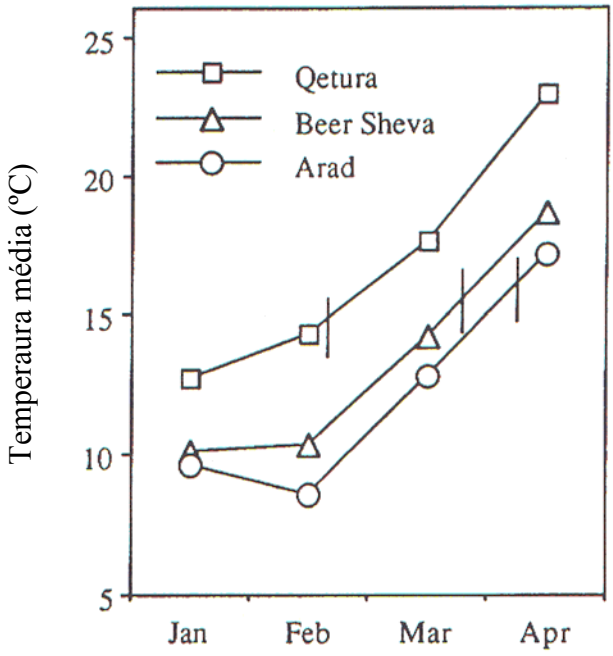


Figura 10. Início da floração em vários locais de Israel e suas várias temperaturas mensais.

inverno e na primavera, em plantações do Vale de Santa Clara, Califórnia; do Chile; da África do Sul e de Israel (Brutsch, 1992; Curtis, 1977; Nerd *et al*., 1991; Russel e Felker, 1987). A floração de outono é menos conhecida que a da primavera porque esta (natural ou artificial) representa a maior parte da colheita em quase todas as regiões.

A floração de outono foi observada inicialmente em Israel, numa plantação irrigada e fertilizada (N-P-K) continuamente. As flores apareciam entre o fim da colheita de verão (agosto) e o início do inverno (novembro). Nossa primeira indagação a respeito do efeito da fertilização revelou que a aplicação do fertilizante (N-P-K) junto com a água de aspersão depois da colheita de verão, era essencial para a produção das flores de outono. Além disso, a exposição a períodos curtos de seca (4 a 8 semanas), seguida de uma irrigação e fertilização não afetou a produção de flores. Contrastando, enquanto que a fertilização aumentava a iniciação das gemas florais na primavera, isso não era crítico nessa temporada (Nerd *et al*., 1989; Nerd *et al*., 1991). Num segundo estudo verificou-se que a aplicação de N era o fator responsável pela floração do outono (Nerd *et al*., 1993), já que a produção de flores aumentava quando se aplicavam quantidades maiores de N (a dose mais alta foi de 120 kg/ha) e que estava altamente correlacionada com o teor de N solúvel da cladódio terminal. Esse resultado era contrário ao ciclo primaveril, que não havia sido afetado pelo N. Recentemente foi encontrado que a resposta da floração ao N é afetada pela idade das plantas, sendo que a produção de flores de outono é mais alta em plantas jovens (até seis anos) que em plantas adultas.

NECESSIDADES DE POLINIZAÇÃO

As flores da palma forrageira são hermafroditas e florescem durante o dia. Segundo Pimienta, a maioria das flores se abre no fim da manhã (tipo A), embora algumas abram à tarde (tipo B) (Pimienta, 1990). Todas as flores se fecham à noite e esse evento marca o fim da fase de antese das flores tipo A; nas do tipo B, no entanto, a antese se reinicia na manhã seguinte e a flor se fecha à tarde. Observou-se que os dois tipos de flores se reabrem por um dia adicional durante as horas da manhã. O período relativamente curto em que as flores permanecem abertas significa que há pouco tempo para que elas sejam visitadas para receber uma determinada quantidade de pólen. Todavia, esse comportamento deve ser considerado como uma adaptação às reduzidas perdas de água por transpiração, o que pode ser ecologicamente importante em ambientes áridos (Rosas e Pimienta, 1986).

Os cultivares sicilianos demonstraram que são autocompatíveis (Damigella, 1958). Considerando que são raros os problemas de acúmulo de frutas em plantações de reprodução vegetativa compostas de um único cultivar ou em plantas isoladas em pátios, pode-se concluir que a autocompatibilidade é um fenômeno comum no caso da *O. ficus-indica*. As flores da palma forrageira têm as características das flores polinizadas por animais (Barbera *et al*., 1992; Pimienta, 1990; Portolano, 1962): os lóbulos do perianto são compridos e amarelos, o pistilo central tem um estigma rígido que permite a visita dos insetos, o estigma é pegajoso, os grãos de pólen são grandes e há néctar em abundância que se acumula na base da corola.

As flores são visitadas por abelhas de várias espécies (Barbera *et al*., 1992a; Pimienta, 1990; Portolano, 1962) e elas parecem estar envolvidas na polinização. Em várias espécies nativas de *Opuntia* do sudoeste americano foi verificado que as flores eram visitadas por várias espécies de abelhas e escaravelhos; no entanto, ficou demonstrado que somente as abelhas são polinizadores eficientes (Grant e Haus, 1979). As flores também são autógamas (autopolinizadas) e flores

envolvidas (cobertas) podem se tornar frutas. A deiscência das anteras começa antes da antese e as anteras tocam o pistilo durante o estágio de abertura da flor, deixando grãos de pólen no estigma (pseudoclistogamia) (Pimienta, 1990). O comportamento dos estames é de interesse, já que eles são tigmotrópicos (sensíveis ao toque) e, quando tocados, se movem e se curvam em direção ao estilo. Embora a freqüência dessa resposta entre as *Opuntias* sp. seja conhecida há muito tempo, nunca se havia apresentado explicação alguma a seu respeito (Grant e Haud, 1979). Sugeriu-se que essa resposta nástica poderia promover a polinização por insetos, a autopolinização ou a polinização cruzada.

Apesar da autogamia, a visita dos polinizadores estimula a polinização e aumenta a quantidade de óvulos fecundados (Damigella, 1957). Mesmo quando as flores permanecem abertas durante um curto espaço de tempo, o estigma está coberto por uma alta quantidade de grãos de pólen. A germinação do pólen começa rapidamente e ocorre entre 2 e 4 horas depois de ter sido depositado no estigma. O crescimento do tubo polínico também é rápido, já que 24 horas depois de aberta a flor, chega a atingir a base do estilo; o primeiro tubo polínico que chega à micrópila do óvulo pode ser observado três dias depois que a flor se abriu. Uma alta percentagem dos óvulos é viável e a maioria deles são fecundados pelos tubos polínicos que penetram no lóculo. Uma alta percentagem de acúmulo de sementes pode ser observada na maioria das espécies de palma forrageira (Rosas e Pimienta, 1986).

A quantidade de sementes por fruta varia de 80 a mais de 300 (Barbera *et al*., 1991; Pimienta, 1990; Weiss *et al*., 1993; Wessels, 1988). Essa alta variação pode ser devida à variação inicial da quantidade de óvulos, embora a polinização efetiva também pode ter uma função importante (Damigella, 1957). A contagem de óvulos nas flores do cultivar israelense de 'Ofer' mostrou que há uma grande variação entre as flores, com valores de 140 a 430 e uma média de 268; a média da quantidade de sementes em várias plantações de 'Ofer' se situa entre 80 e 180. Uma média semelhante da quantidade de óvulos por flor, com aproximadamente 80 porcento de acúmulo de sementes foi relatado por Rosas e Pimienta (1986) referente aos cultivares mexicanos. Encontrou-se uma grande correlação entre o peso do fruta e a quantidade de sementes (Barbera *et al*., 1994); assim, para se produzir frutas grandes, é necessário que haja disponibilidade de polinizadores e condições apropriadas para fecundação. Nos cultivares 'Gialla' e 'Rossa' a percentagem de sementes abortadas não se relaciona com o conteúdo total de sementes, o que significa que há um controle genético do acúmulo de sementes (Barbera *et al*., 1994). As sementes abortadas contribuem para o desenvolvimento da polpa, embora para frutas com tamanho comercial para exportação (120 g), não haja relação entre a quantidade de sementes abortadas e o peso da polpa (Barbera *et al*., 1994).

Há poucas informações sobre os fatores ambientais que influenciam o acúmulo de sementes. Recentemente descobriu-se (dados não publicados) que, em frutas de floração precoce de inverno, os óvulos posteriores se degeneram, fazendo com que o espaço resultante seja preenchido com uma substância escura. Como se demonstrou que o pólen é viável e os estigmas estiveram cobertos de pólen, tudo indica que a fecundação foi afetada negativamente pelas temperaturas baixas do inverno, o que resultou na degeneração.

DESENVOLVIMENTO DA FRUTA E MATURAÇÃO

Quando se põem num gráfico em função do tempo as mudanças de tamanho e peso fresco das frutas de uma safra tardia (Sicília) e de verão (Israel), obtém-se uma dupla curva sigmóide, que consiste de três fases características: (I) crescimento rápido, que começa após a antese; (II) crescimento interrompido; e (III) um novo crescimento final, que dura vários dias depois da mudança de cor (Barbera *et al*., 1992a; Weiss *et al*., 1993) (Figura 11). As três fases tiveram aproximadamente a

mesma duração e o período completo de crescimento da fruta durou de 80 a 90 dias. Há um acentuado aumento de peso fresco e seco da casca na fase I, das sementes na fase II e da polpa no fim da fase II e durante a fase III (Figura 11). Alguns autores relatam uma curva de crescimento sigmóide para frutas da *O. ficus-indica* (Kuti, 1992; Pimienta, 1990; Wessels, 1988, 1990), que parece ser devida a uma débil expressão da fase II de crescimento da fruta.

O tempo necessário para que a fruta cresça até seu tamanho máximo varia segundo as condições ambientais. O crescimento é mais estimulado num clima quente que em um clima frio (Nerd *et al*., 1991; Wessels, 1990) (Figura 12).

Há outros fatores que influenciam o crescimento da fruta. No clone estenospérmico israelense BS1, o período de crescimento da fruta é mais curto que no cultivar de sementes 'Ofer' e foi caracterizado pela ausência da fase de crescimento das sementes e pelo início antecipado do desenvolvimento da polpa (Weiss *et al*., 1993). A aplicação de ácido giberélico (AG) às frutas causou atrasos no processo de maturação (Díaz e Gil, 1978), mas numa experiência recente verificou-se que a aplicação do AG nos brotos antes da antese acelera o crescimento e antecipa a maturação. Foram identificadas várias alterações químicas e físicas associadas à maturação durante o crescimento rápido da polpa (Barbera *et al*., 1992a). O peso seco e o teor de vários componentes da polpa, como, fibras cruas, pectinas, acidez total titulável (ATT), cinza, gorduras e proteínas se reduziu até antes da maturação (70 dias depois da floração), enquanto que o teor de sólidos solúveis totais (SST) e os açúcares solúveis totais aumentaram nessa fase. A firmeza da fruta se reduziu até a maturação, permaneceu estável e se reduziu novamente em frutas completamente maduras. A cor da casca começou a mudar 70 dias após a floração e, tanto ela, quanto a polpa apresentavam uma coloração intensa (amarelo, vermelho ou branco, dependendo do cultivar) 85 a 100 dias após a floração.

Os estudos sobre a respiração pós-colheita realizados em frutas de outros tipos de palma forrageira, como *O. robusta* e *O. amyclaea* revelaram que há um padrão não climatérico, mas registrou-se um aumento da respiração na maturação de *O. amyclaea* (Lakshminarayana *et al*., 1979; Lakshminarayana e Estrella, 1978; Moreno-Rivera *et al*., 1979). A contribuição fotossintética da fruta a seu próprio crescimento é reduzida (8 a 10 porcento), particularmente durante as quatro a cinco semanas do período de desenvolvimento da fruta (PDF). O teor de clorofila na casca se reduz durante o PDF, juntamente com a atividade das enzimas Rubisco e de PEPase. A freqüência estomática se reduz de 14/mm^2 (superfície da fruta) para flores, a 6/mm^2 para frutas maduras (Inglese *et al*., 1994c).

Um indicador comum para a colheita da fruta é o início da mudança de cor da casca; isso pode ser complementado por medições dos sólidos solúveis totais (SST). Em muitos cultivares, o valor de 12 a 13 para SST é um indicativo de madureza (Barbera *et al*., 1992a; Kuti, 1992; Weiss *et al*., 1993). Em estágios posteriores, quando a cor da casca está mais acentuada, a fruta se torna macia e menos apta para processamento ou armazenagem (Barbera *et al*., 1992a) e alguns consumidores a consideram menos apetitosa. Ainda num estágio prematuro, o teor de ácido da polpa é muito baixo (0,2 - 0,6 porcento como ácido cítrico) (Barbera *et al*., 1992; Kuti, 1992), razão porque se considera que a acidez é um indicador menos útil para a colheita que outros índices (Wessels, 1988).

O peso da fruta é afetada pela época em que surge a flor, pela quantidade de frutas no cladódio e por fatores ambientais. Observou-se que as flores que brotam mais cedo produzem frutas mais pesadas que os que brotam mais tardiamente (Wessels e Swart, 1990). A poda dos cladódios com muitas frutas, já durante a floração ou no primeiro estágio de crescimento das frutas, é praticada para se obter frutas grandes (Brutsch, 1992; Inglese *et al*., 1994a; Wessels, 1988), sendo comum deixar-se aproximadamente 6 a 12 frutas por cladódios.

Um cladódio frutífero suporta o crescimento de cinco frutas, sendo necessário um cultivo intensivo para possibilitar o crescimento de 10-15 frutas por cladódio, sobretudo durante as três a quatro últimas semanas do desenvolvimento das frutas (Inglese *et al*., 1994c). De fato, quando se deixam mais de 6 frutas por cladódio, há uma redução significativa do seu tamanho e um aumento na relação sementes-polpa, já que a percentagem de polpa não muda (Inglese *et al*., 1994a).

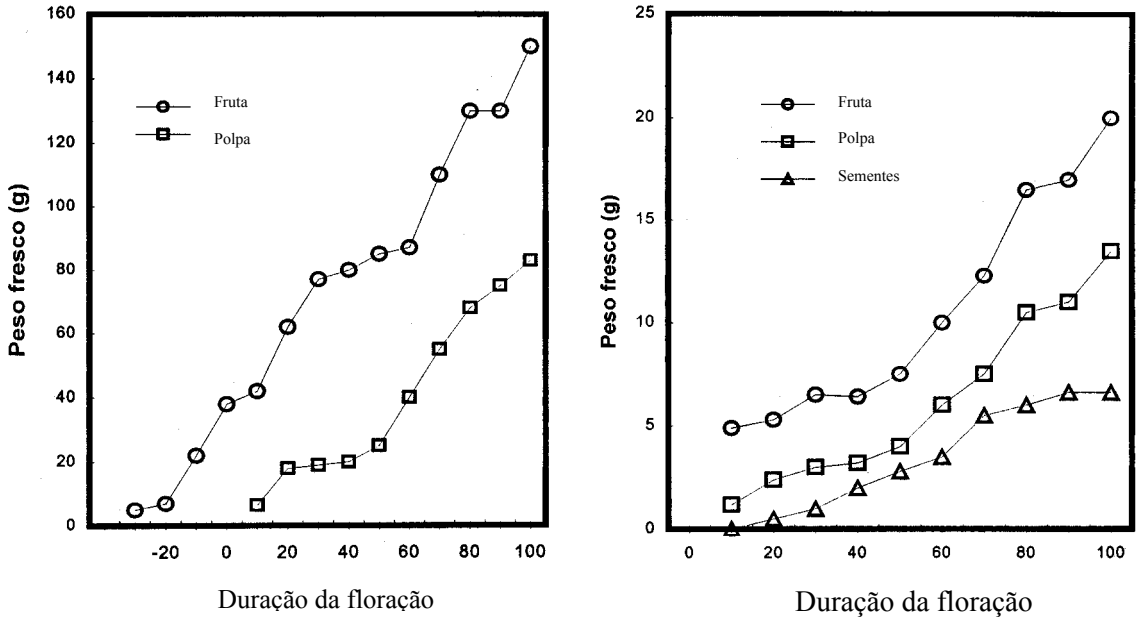


Figura 11. Mudanças no peso fresco da fruta e da polpa (A) e no peso seco da fruta, polpa e sementes (B) durante o desenvolvimento da fruta da cultivar 'Gialla'.
Fonte: Barbera *et al*., 1992.

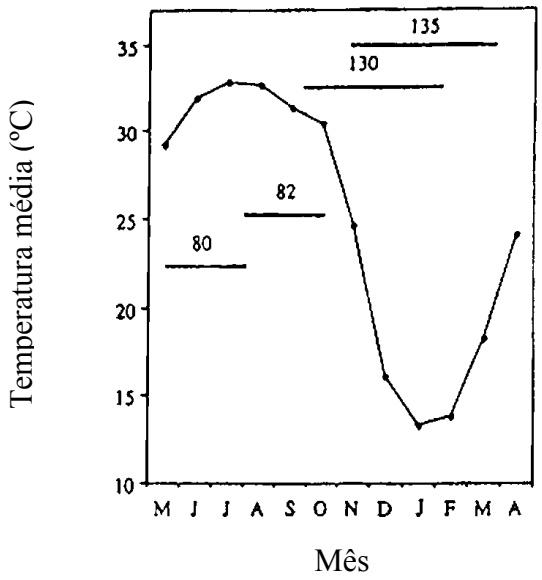


Figura 12. Duração dos períodos de crescimento da fruta em Beer-Sheva, Israel, em função das temperaturas mensais.

A aspersão de água nos estágios prematuro e tardio de desenvolvimento da fruta contribuiu muito para aumentar seu tamanho na colheita tardia na Sicília, sem apresentar efeito negativo algum em termos de qualidade (Barbera, 1984). Com base nessa experiência, os agricultores de Israel geralmente regam suas plantas no verão, na última etapa de crescimento da fruta, visando produzi-las com tamanho maior. As frutas da colheita de inverno (floração de outono) tendem a ser mais pesadas que as da colheita de verão (Nerd *et al*., 1991); esse aumento é devido a um incremento no peso da casca. É certo que alguns fatores preponderantes no inverno, como baixas temperaturas, impulsionam o crescimento da polpa.

REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE SEMENTES

As sementes da fruta da palma forrageira são pequenas, duras e abundantes e sua presença reduz a aceitação da fruta pelo consumidor, particularmente pelas pessoas não familiarizadas com a fruta. Extensos estudos para produzir frutas partenocárpicas foram realizados no Chile (Díaz e Gil, 1978; Gil e Espinosa, 1980; Gil *et al*., 1977). Flores emasculadas não lograram produzir frutas, mas tratando-as com ácido giberélico (AG) era possível induzi-las a desenvolver frutas de tamanho normal com sementes abortadas. Os tratamentos eficientes com AG foram: aspersão do AG a uma concentração de 500 ppm, 42 dias após a antese; quando as flores não emasculadas eram aspergidas com AG antes e depois da antese se obtinham frutas de tamanho normal com grande quantidade de sementes abortadas. Esses resultados demonstram que o AG inibe o desenvolvimento das sementes e estimula o crescimento das frutas. comparativamente com frutas normais com sementes, as frutas estimuladas com AG eram maiores, tinham a casca mais grossa e menos polpa, bem como um teor menor de SST.

Não se conhecem cultivares naturais partenocárpicos, mas alguns pesquisadores detectaram plantas individuais no campo, cujas frutas contêm sementes abortadas (Barbera e Inglese, 1993; Weiss *et al*., 1993).

Do clone amarelo israelense BS1 com sementes abortadas obtiveram-se frutas de tamanho normal, quando as flores foram emasculadas antes da antese, o que indica que o desenvolvimento da semente não é necessário para o crescimento da fruta desse cultivar (Weiss *et al*., 1993). Se desconhece o mecanismo do crescimento da fruta do BS1 sem a presença de sementes, mas há evidências de que está associado a um excesso de crescimento dos óvulos e do receptáculo durante o estágio de gema. O pólen era viável e havia uma alta receptividade do estigma, mas os tubos polínicos não puderam chegar aos óvulos grandes, de maneira que não se formaram sementes. Todavia, o desenvolvimento da polpa se reduziu e a maior parte do peso da fruta provém da polpa que se originou do receptáculo. No cultivar com sementes 'Ofer' se formam frutas sem sementes no outono, quando as condições favorecem o desenvolvimento da casca, mas isso não ocorre na primavera, quando o desenvolvimento da casca é limitado (Nerd *et al*., 1991). Foi interessante notar que algumas das características das frutas de BS1 eram semelhantes às das frutas estimuladas com AG (Díaz e Gil, 1978): as frutas eram comprimidas e tinham uma alta relação casca/polpa, 60 porcento maior que a das frutas do cultivar com sementes de 'Ofer'.

DOMESTICAÇÃO DAS OPUNTIAS E VARIEDADES CULTIVADAS

por **E. Pimienta Barrios e A. Muñoz-Urías**

Departamento de Ecologia, Centro de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara, México

INTRODUÇÃO

As partes altas das regiões áridas e semi-áridas do México abrigam a maior diversidade genética e uma das maiores áreas cultivadas de palmas forrageiras do mundo (Pimienta, 1994). A palma forrageira (conhecida em inglês como "cactus pear") foi levada pelos conquistadores no século dezesseis para a Espanha, e depois foi difundida pelos países da bacia do Mediterrâneo e do norte da África (Russell e Felker, 1987).

Apesar de sua importância mundial, as opuntias ainda não foram consideradas como uma cultura importante pelo International Board of Plant Genetics Resources (Câmara Internacional de Recursos Genéticos Vegetais). Não obstante, no decorrer dos últimos 20 anos pesquisadores de universidades mexicanas, americanas e italianas voltaram a demonstrar um interesse especial por essa cactácea, o que se fez acompanhar por um aumento nos volumes de frutas exportadas pelo México e pela Itália para os Estados Unidos e alguns países da Comunidade Européia. Isso, por sua vez, estimulou o início de projetos de pesquisas com essa planta na maioria dos países produtores de palma forrageira (Pimienta, 1993). O objetivo deste capítulo é o de contribuir para o conhecimento dos recursos genéticos da palma forrageira, apresentando informações sobre aspectos da variabilidade genética dessa espécie, algumas considerações sobre o processo de domesticação, complementando-se com uma breve descrição botânica e hortícola das principais variedades de palma forrageira.

VARIABILIDADE E DOMESTICAÇÃO

Na maioria dos países que cultivam a palma forrageira, a *Opuntia ficus-indica* é a principal espécie produtora de frutas e forragem. No México, além da espécie *O. ficus-indica*, também se cultivam outras espécies, não só para a produção de frutas e forragem, mas também para a produção de verdura. Essas espécies são: *O. streptacantha* Lemaire, *O. lindhemeiri* Engel, *O. amyclaea* Tenore (*O. albicarpa* Scheinv.), *O. megacantha* Salm-Dick, e *O. robusta* Wenland. Observações em populações selvagens e cultivadas de palma forrageira nas regiões semi-áridas do México revelaram a existência de uma grande variabilidade fenotípica. Essa variabilidade é maior nos quintais ou cercas-vivas das casas nos povoados rurais, que nas plantações comerciais modernas e populações selvagens. Nos quintais é comum encontrar uma grande variabilidade em tamanho, forma e cor das frutas, bem como na morfologia e tamanho dos cladódios e em características fenológicas (época de maturação da fruta) (Pimienta e Mauricio, 1989). Propôs-se que a variabilidade encontrada nas populações selvagens e cultivadas de palma forrageira é o resultado do processo de hibridação natural, associado à poliploidia e ao isolamento geográfico (Gibson e Nobel, 1986). Os híbridos naturais são comuns em populações cultivadas e selvagens e se supõe que surgiram de cruzamentos naturais entre espécies diferentes de *Opuntia* e da progênie de híbridos parcialmente férteis, e que

eles se reproduziram posteriormente por autofecundação, cruzamento fraternal com plantas irmãs ou com plantas originais (Grant e Grant, 1979). O fenômeno de hibridação natural na palma forrageira foi favorecido pelas condições simpátricas artificiais que existem nos quintais dos povoados rurais nas zonas áridas do México. Essa condição simpátrica artificial é criada pela quantidade e diversidade de espécies que crescem juntas em áreas pequenas. Essa situação favoreceu oportunidades para o fluxo de genes e estimulou enormemente a evolução de cultivares nos ambientes dos quintais. Dessa maneira, gerou-se um germoplasma valioso de palmas forrageiras, que é extremamente importante para futuros programas de melhoramento e, ao mesmo tempo, um material biológico valioso para a realização de estudos referentes a aspectos básicos da evolução das cactáceas. As mudanças nos níveis de ploidia, normalmente manifestados como um aumento do vigor vegetativo (tamanho dos cladódios) e vigor reprodutivo (tamanho das frutas), podem ter desempenhado um papel importante no processo de domesticação das palmas forrageiras realizado pelos habitantes das regiões áridas do México e do mundo. É provável que durante as etapas iniciais da domesticação, os fenótipos com alto nível de ploidia tenham chamado a atenção dos camponeses, pelo fato de que, comumente, as espécies poliplóides de palma forrageira apresentarem cladódios vigorosos e frutas maiores. Isso seguramente influenciou a seleção de fenótipos que se destacavam entre as populações selvagens, dos quais foram coletadas partes vegetativas para serem plantadas posteriormente nos quintais das populações rurais como plantas úteis. Através do tempo, as populações rurais dispersas nas regiões semi-áridas de países produtores de palma forrageira conseguiram conservar, nos quintais de suas casas, uma parte importante do germoplasma de palmas forrageiras e desenvolver o primeiro sistema de produção dessa planta, além de contribuir para a evolução e diferenciação de novas espécies. Dessa maneira, esses habitantes das zonas áridas e semi-áridas do México contribuíram para a evolução e domesticação da palma forrageira (Pimienta, 1993).

Um passo adiante na domesticação desta espécie ocorreu quando foram estabelecidas as atuais plantações comerciais modernas. Para suas implantações foram utilizados materiais vegetativos de fenótipos que se destacavam e se diferenciavam nos quintais das casas dos povoados rurais. A seleção desses fenótipos foi e tem sido muito rigorosa, tendo em vista que os produtores de palma forrageira levaram em consideração uma grande diversidade de características que favoreciam o processo de produção e comercialização, como alto potencial de produção com um manejo mínimo; adaptação e resistência a estresses ambientais; defesa contra predadores da fauna selvagem; bem como aspectos relacionados com a demanda do mercado. Todavia, embora havendo uma grande quantidade de fenótipos destacáveis de palma forrageira no México e em outros países (como o Peru), nos principais países produtores é utilizada uma variabilidade genética reduzida de palma forrageira. As diferenças no tamanho das frutas encontradas em populações selvagens e cultivadas de palma forrageira são, sem dúvida, devidas a diferenças nos níveis de ploidia, pois estudos citogenéticos anteriores mostraram a existência de diferentes níveis de ploidia (2x, 3x, 4x, 5x, 6x, 8x, 10x, 11x, 12x, 13x, 19x, 20x) (Sosa, 1964; Yausa *et al*., 1973). Pinkawa *et al*. (1992) menciona que cerca de 63% das espécies da subfamília Opuntioideae são poliplóides. Uma conclusão interessante que resulta desses estudos é que as variedades e formas de palma forrageira com o maior número de cromossomos são as que se encontram nas populações cultivadas (2n=6x=66 e 2n=8x=88). Em contraste, o menor número de cromossomos são encontrados nas populações selvagens (2n=2x=22 e 2n=4x=44). Em alguns casos são encontradas formas com grande número de cromossomos (2n=8x=88) em populações selvagens, como é o caso de *O. streptacantha* (Tabela 2).

Estudos preliminares em populações selvagens e cultivadas de palma forrageira nas regiões áridas e semi-áridas do México e nos principais países produtores, mostram a existência de uma grande variabilidade na resistência e suscetibilidade a fatores bióticos e abióticos que afetam o desenvolvimento e a produtividade. Contudo, faltam informações a respeito da origem e causas

dessa variação. Essas informações são críticas para definir as futuras estratégias de melhoramento, orientadas no sentido de enfrentar alguns dos fatores que limitam o desenvolvimento da palma forrageira (i.e. seca, salinidade, baixas temperaturas), sua produtividade (como geadas tardias, pragas e doenças) e qualidade das frutas (i.e. tamanho e quantidade de sementes). É necessário definir estratégias para a identificação e coleção de clones destacáveis para a produção de frutas frescas, forragem e verdura, e com capacidade de adaptação ou tolerância aos principais estresses que afetam os ambientes áridos e semi-áridos. Essa atividade deve ser complementada com a avaliação de clones destacáveis, selecionados nos principais países produtores de palma forrageira no mundo, em diferentes climas e latitudes, com a finalidade de obter informações sobre: resistência e tolerância a temperaturas extremas, seca, salinidade e efeitos do fotoperíodo e, a médio prazo, sobre os efeitos das principais mudanças globais do ambiente que afetam o mundo.

Tabela 2.
Variação no número de cromossomos em variedades selvagens e cultivadas de palma forrageira.

Espécie	Número de cromossomos
O. microdasis	2n = 2x = 22 (diplóide selvagem)
O. robusta	2n = 2x = 22 (diplóide selvagem)
O. robusta	2n = 4x = 44 (tetraplóide selvagem)
O. polyacantha	2n = 2x = 22 (diplóide selvagem)
	2n = 4x = 44 (tetraplóide selvagem)
	2n = 6x = 66 (hexaplóide selvagem)
O. streptacantha	2n = 2x = 22 (diplóide selvagem)
	2n = 4x = 44 (tetraplóide selvagem)
	2n = 8x = 88 (octaplóide selvagem)
O. lindheimeri	2n = 4x = 44 (tetraplóide selvagem)
O. phaecantha	2n = 4x = 44 (tetraplóide selvagem)
	2n = 6x = 66 (hexaplóide selvagem)
O. dillenii	2n = 6x = 66 (hexaplóide selvagem)
O. amyclaea	2n = 8x = 88 (octaplóide cultivado)
O. megacantha	2n = 8x = 88 (octaplóide cultivado)
O. ficus-indica	2n = 8x = 88 (octaplóide cultivado)

Fonte: Sosa, 1964; Brutsch, 1984; Sajeva *et al*., 1988; Mazzola *et al*., 1988; e dados dos autores.

Um estudo sistemático de avaliação de variedades promissoras de palma forrageira está sendo executado por institutos de pesquisas e universidades na África do Sul, México, Itália e Estados Unidos. Na África do Sul, a avaliação e seleção de clones de palma forrageira teve início nos anos 1960 e continuou nos anos 1970 e 1980 (Wessels, 1993). O melhoramento genético futuro da palma forrageira deve considerar o efeito das mudanças globais do ambiente. Prognósticos recentes dão conta de que mudanças sazonais globais causarão sérias mudanças climáticas que afetarão a adaptação e produtividade dos ecossistemas naturais e cultivados, bom como suas relações com parasitas (Bazzaz, 1991). Por outro lado, um trabalho recente revela que a palma forrageira pode ser cultivada com vantagens em uma grande parte da superfície da terra, especialmente em regiões áridas ou semi-áridas ou nas que estão prestes a se converter em terras secas (Nobel, 1991). Serão necessários estudos básicos a respeito da reação da palma forrageira a

mudanças ambientais globais. Além disso, deve-se ter em mente que a palma forrageira será, num futuro próximo, uma planta valiosa, já que é uma das poucas com mecanismo fotossintético especializado, que a torna três vezes mais eficiente que qualquer gramínea ou leguminosa na transformação de água em matéria seca (Nobel, 1989). E mais, suas relativamente baixas necessidades de energia antropogênica facilitarão sua inclusão nos modelos modernos de produção agrícola, para os quais se apregoa como condição fundamental a aplicação de conceitos ecológicos na produção agrícola, visando sistemas de produção sustentáveis, uma vez que, por seu tipo de metabolismo, apresenta uma eficiência maior no uso da água e de nutrientes minerais. Nos últimos anos, os produtores de palma forrageira perceberam o aumento de danos causados por pragas e doenças, o que resulta em efeitos negativos sérios sobre a produção de frutas e sua qualidade. No entanto, ainda são muito escassas as pesquisas a respeito de aspectos biológicos das principais pragas e doenças da palma forrageira, bem como a respeito de seu controle. Face a essa ausência de informações, os produtores começaram a usar indiscriminadamente uma grande variedade de produtos agroquímicos para reduzir os danos causados por insetos. Essas providências devem ser orientadas no sentido de reduzir os impactos sobre o ambiente, sobretudo aqueles que podem afetar o equilíbrio natural da população dos insetos. Observações de campo realizadas em populações cultivadas no México, Chile e Itália revelaram a existência de uma ampla variação de pragas e doenças em algumas variedades de palma forrageira. Nas regiões semi-áridas das partes centrais do México e do Peru há uma grande variação de espécies de palma forrageira, razão porque seria desejável iniciar nessas regiões a identificação e coleta de clones destacáveis resistentes a parasitas. Também seria útil testar um pequeno grupo de clones de todo o mundo para avaliar sua reação às principais pragas e doenças que atacam a produção da palma forrageira.

Um fator importante a ser considerado com referência às parasitas, é o fato de que é comum a palma forrageira, como outras culturas que se multiplicam por clones (i.e. cana, juta, banana e agave), apresentar resistência genética horizontal a diferentes parasitas (Robinson, 1984), o que é vantajoso como uma estratégia genética natural para enfrentar a grande diversidade de parasitas que podem atacar as populações cultivadas de palma forrageira a curto e médio prazos. Os trabalhos sobre melhoramentos genéticos, orientados para gerar resistência contra pragas e doenças na palma forrageira, devem levar em consideração as vantagens de manter a resistência horizontal no material selecionado e também o fato de que há ancestrais selvagens disponíveis como fonte de resistência genética contra pragas e doenças.

CARACTERÍSTICAS DA FRUTA E DE SUAS VARIEDADES

A morfologia da fruta, tamanho, cor, época de maturação e a qualidade mudam entre as variedades cultivadas no México, Itália, África do Sul (Pimienta, 1990; Barbera *et al*., 1992; Brutsch, 1984).

As espécies taxonômicas mais importantes que produzem frutas comestíveis, tanto em populações cultivadas, quanto em populações selvagens são: *O. ficus-indica, O. albicarpa, O. streptacantha* e *O. robusta* e híbridos naturais, supostamente entre *O. ficus-indica* e *O. streptacantha, O. ficus-indica* e *O. robusta* (Pimienta, 1984).

Com exceção do México, na maioria dos países produtores de palma forrageira, não há grande quantidade de cultivares. As principais variedades comerciais de palma forrageira são reconhecidas principalmente pela cor da casca e da polpa da fruta e, em alguns casos, por sua reação em termos de rendimento e adaptação a estresses ambientais e práticas agronômicas. Os nomes das variedades foram definidas principalmente em função da forma e cor da fruta, juntamente com a morfologia dos cladódios. É importante observar que, diferentemente de outros frutas, como a maçã, a manga, o pêssego, todos monoespecíficos, a palma forrageira é poliespecífica, porém monogenérica (Lakshminarayana *et al*., 1979).

Por outro lado, embora hajam muitos estudos a respeito da taxonomia da palma forrageira, ainda há muita confusão, devido a que a maioria das descrições foi feita tomando por base uma quantidade reduzida de amostras, que não refletiam a variabilidade natural do habitat. Alguns dos nomes são tão somente variedades, formas geográficas, híbridos, etc. (Bravo, 1978). Há uma necessidade urgente de pesquisa biosistemática da palma forrageira para se estabelecer uma classificação mais coerente com as espécies selvagens e cultivadas. A maioria das variedades mexicanas apresenta maturação de junho a setembro e o peso da fruta varia entre 100 e 240 g. As frutas com maior peso são encontrados em variedades que produzem frutas verde clara. Entre as variedades mexicanas distinguem-se dez grupos: 'Blanca chapeada', 'Blanca reyna', 'Amarilla naranjosa', 'Amarilla huesona', 'Blanca burrona', Blanca cristalina', 'Blanca fafayuco', 'Pelón-liso', 'Charola' e 'Cardona'. As chamadas variedade 'Blanca' são as mais abundantes nas plantações comerciais modernas e suas frutas amadurecem principalmente nos meses de agosto e setembro. Isso gera um excesso de produção que influi negativamente sobre o preço da fruta fresca nos mercados nacionais e internacionais. A maioria das variedades de palma forrageira é muito produtiva e muito adaptável a diferentes tipos de solo (i.e. 'Reyna'). Outras variedades (como a 'Burrona') com baixa qualidade da fruta são preferidas pelos produtores porque são muito produtivas, mesmo com um manejo mínimo, além de apresentarem uma floração tardia, o que ajuda a escapar de danos causados por geadas tardias, e, adicionalmente, produzem frutas resistentes à manipulação da colheita, seleção, embalagem e transporte. Os produtores mexicanos sabem que nos quintais das casas rurais há variedades melhores - em termos de época de maturação e qualidade da fruta - que em locais com plantações comerciais modernas, mas a maioria produz frutas de baixa resistência ao manuseio durante a pós-colheita.

Na Itália podem distinguir-se três grupos, segundo a cor da polpa na maturação: 'Gialla' (amarela), 'Bianca' (branca) e 'Rossa' (vermelha). 'Gialla' é a mais abundante (90%) por várias razões: é muito produtiva, apropriada para o manuseio pós-colheita e é preferida pelos consumidores. Também é conhecida uma variedade denominada "sem sementes" (frutas com sementes pequenas abortadas), mas seu cultivo comercial não foi tentado em razão da baixa qualidade da fruta. Foram reconhecidos diversos clones de 'Gialla', 'Rossa' e 'Bianca' especialmente pela alta consistência da polpa; esses clones são normalmente chamado de 'Trunzara'. A espécie taxonômica mais difundida é a *O. ficus-indica* (L.) Mill., embora a *O. amyclaea* Ten. e a *O. dillenii* Haw. sejam utilizadas como plantas ornamentais ou como cercas-vivas em jardins, hortas ou assentamentos rurais (Barbera *et al*., 1992).

Na África do Sul pelo menos 14 espécies se tornaram nativas. Todas, exceto a palma forrageira sem espinhos ou as variedades de Burbank, são consideradas como invasoras (Brutsch, 1984). As variedades atuais de palma forrageira se originaram a partir da introdução de 21 tipos sem espinhos, importados do viveiro de Burbank na Califórnia em 1914. Todos os tipos conhecidos e atualmente cultivados se desenvolveram de material original, ou como clones, ou como híbridos artificiais ou naturais. Atualmente foram identificados três tipos de palma forrageira com exigências climáticas específicas: cinco tipos para áreas quentes isentas de geadas, um tipo para áreas climáticas intermediárias e dois tipos para áreas com invernos frios (Wessels, 1993). A espécie taxonômica mais comum á a *O. ficus-indica* (Brutsch, 1984). Em Israel é conhecido apenas um cultivar de *O. ficus-indica*, o 'Ofer', muito semelhante ao 'Gialla' italiano. Recentemente foi obtido um clone sem sementes, o BS1 (Weiss *et al*., 1993).

No Chile, o cultivo se limita à *O. ficus-indica* e a uma variedade com polpa verde-branca, conhecida como 'Blanca'. Em plantações comerciais não são encontradas variedades produtoras de frutas vermelhas ou amarelas (Sudzuki *et al*., 1993).

Como em outros países, na Argentina são distinguidos três grupos principais de variedades de *O. ficus-indica*: 'Amarilla sin espinas', 'Rosada' y 'Naranja'. As frutas pesam entre 130 e 160 g. a maturação da fruta ocorre de setembro a abril (condições do hemisfério sul). a variedade 'Amarilla

sin espinas' é a mais importante da Argentina. No quadro a seguir (Tabela 3) são apresentadas a variabilidade de cores da fruta, de peso da fruta e os SST das variedade de fruta cultivadas no México, Itália, Israel, Argentina e África do Sul.

No norte da África, as variedades de palma forrageira ainda não foram corretamente classificadas e a maioria das frutas é colhida de plantações selvagens.

Tabela 3.
Características das variedades de frutas de palma forrageira cultivadas no mundo.

Área de origem e nome comum	Cor da fruta	Peso da fruta (g)	Percentagem de polpa (%)	Época colheita	SST (%)
MÉXICO:					
Alfajayucan[a]	Verde clara	187	61	jul. - set.	14
Amarilla huesona[b]	Amarelo-marrom	143	58	ago. - set.	15
Blanca de castilla[a]	Verde clara	148	55	ago. - set.	14
Burrona[a]	Verde clara	205	65	set. - out.	13
Chapeada[a]	Verde clara	128	60	jul. - set.	14
Cristalina[a]	Verde clara	240	65	set. - out.	14
Naranjona[a]	Laranja-amarela	114	55	jul. - ago.	15
Papanton[a]	Verde clara	130	58	ago. - set.	14
Roja pelona[b]	Vermelho-púrpura	116	55	jul. - ago.	14
ITÁLIA:					
Bianca[c]	Creme pálida	123	68	ago. - nov.	15
Gialla[c]	Laranja-amarela	125	65	ago. - nov.	13
Rossa[c]	Vermelha	127	63	ago. - nov.	15
ARGENTINA:					
Amarilla[b]	Amarela	160	-	-	15
Naranja[b]	Amarela	130	-	-	12
Rosada[b]	Vermelha	140	-	-	13
ISRAEL:					
BS1	Amarela	102	30	jul. - ago.	-
Ofer	Amarela	116	55	jul. - ago.	14
ÁFRICA DO SUL:					
Algerian	Rosa forte	110	56	jan. - fev.	12
Bakenslipa	Verde clara	84	37	jan. - fev.	
Blue Motto	Amarelo pálida	140	51	fev. - mar.	13
Castillo	Marrom clara	114	52	fev. - mar.	12
Corfu	Verde clara	91	35	jan. - mar.	14
Durekteur	Amarelo clara	152	50	jan. - mar.	14
Fresno	Branco-amarelada	147	55	jan. - fev.	13
Fusicaulus	Verde pálida	104	45	jan. - fev.	14
Fusicaulus O. P.	Verde clara	144	52	fev. - mar.	12
Guaya Quil	Amarelo-branca	89	41	jan. - fev.	14
Gymno Carpo	Amarela	126	52	fev. - mar.	12
Hardy Bred	Branco-verde	102	26	jan. - fev.	12
Mexican	Verde clara	139	54	jan. - fev.	14
Morado	Amarelo pálida	114	48	jan. - fev.	13
Muscatel	Vede pálida	161	42	jan. - fev.	13
Niagara	Amarelo-branca	147	47	jan. - fev.	13
Nudosa	Verde-marrom	175	47	jan. - fev.	11
Oos Kaap	Verde-branca	151	49	jan. - mar.	14
Santa Rosa	Rosa	131	52	jan. - fev.	12
Signal	Vermelha	111	34	jan. - fev.	14

[a] Híbridos de *O. ficus-indica* com diferentes formas selvagens de palma forrageira
[b] *O. ficus-indica*
[c] Frutas tardias estimuladas de *O. ficus-indica*

PROPAGAÇÃO

por **C. Mondragón-Jacobo e E. Pimienta-Barrios**

[a] *Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Guanajuato*
INIFAP-SARH
[b] *División de Ciencias Biológicas y Forestales, Universidad de Guadalajara*

INTRODUÇÃO

A palma forrageira é cultivada de forma extensiva como uma espécie produtora de frutas e forragem em muitos países. A palma forrageira também tem sido útil na prevenção contra a degradação ecológica de ambientes sensíveis a longo prazo (Pimienta *et al*., 1993). O cultivo extensivo se baseia na propagação vegetativa, que é a preferida, dada sua facilidade. As plantações comerciais são fonte de material vegetativo, apesar de haver algumas desvantagens técnicas, tais como o risco de espalhar doenças e a falta de certificação genética.

O futuro desenvolvimento da produção dessa espécie deveria se concentrar na implantação de viveiros credenciados, responsáveis pelo fornecimento de cladódios vigorosos e saudáveis, selecionados de plantações com produtividade reconhecida. A propagação por semente deveria permanecer como uma ferramenta exclusiva para fins de melhoramento genético e para difusão de espécies ornamentais e em risco de extinção, sobretudo nos países em que há restrições de quarentena (Graham, 1987).

PROPAGAÇÃO POR SEMENTES

Coleta e processamento

As sementes são obtidas de frutas inteiras, saudáveis, maduras ou ligeiramente passadas e são lavadas e peneiradas. As sementes são secadas ao sol durante dois dias para reduzir a umidade externa. Os resíduos de polpa que permaneceram aderidos às sementes são removidos esfregando-se umas contra as outras. A fruta tem dois tipos de sementes, a saber: viáveis ou normais e abortadas ou estéreis. As sementes bem desenvolvidas podem conter de um a três embriões, são mais escuras e maiores que as abortadas, justamente por conter os embriões. As sementes poliembriônicas têm forma irregular e seu tamanho depende da quantidade de embriões que contêm. A proporção de sementes normais/anormais depende do cultivar e de algumas condições ambientais, mas não tem relação com a quantidade absoluta de sementes (Barbera *et al*., 1994) (Tabela 4).

Escarificação

A semente da palma forrageira tem uma cobertura lignificada que serve de proteção contra fatores ambientais adversos e também como prevenção contra a germinação. Foram tentados vários métodos para reduzir seus efeitos (Muratalla *et al*., 1990; Sánchez, 1992), entre eles: a) rompimento mecânico; b) rompimento mecânico e imersão em ácido giberélico; c) imersão em água a temperaturas perto dos 100ºC durante 5 a 20 minutos; d) imersão em ácido sulfúrico concentrado, seguida de lavagem e inibição em ácido giberélico a 100 mg/litro. Essas técnicas foram bem

sucedidas, ou parcialmente bem sucedidas, pois ainda há diferenças entre variedades que alteram os resultados. Depois da escarificação convém tratar as sementes para evitar a putrefação das raízes. Isso pode ser feito com produtos como Captan ou Thiram.

Tabela 4.
Conteúdo de sementes em frutas de palma forrageira.

Variedade	Sementes por fruta		
	Total	Abortadas	Poliembriônicas (%)
Burrona	315	49	5,2
Cardona	177	15	0,2
Chapeada	296	67	1,0
Cristalina	357	134	2,9
Esmeralda	304	76	2,6
Fafayuco	249	39	0,1
Gialla	235	101	--
Gialla*	319	145	--
montesa	243	18	7,0
Naranjona	235	50	2,6
Reyna	288	74	0,9
Roja pelona	279	23	0,7
Rossa	240	113	--
Rossa*	302	151	--

Fontes: Mondragón (1992); Barbera *et al*., (1992)
*Frutas de colheita tardia.

Armazenagem de sementes

As sementes da palma forrageira podem ser armazenadas em pequenos recipientes de plástico, como os usados para rolos de filme fotográfico, ou em envelopes de papel, em um lugar seco e fresco. A armazenagem a longo prazo reduz gradualmente o percentual de germinação; Muratalla *et al*., (1990) registrou valores abaixo de 50% para sementes armazenadas durante nove anos. Uma armazenagem passageira das sementes aumenta o percentual de germinação. Segundo Pérez (1993), sementes armazenadas durante nove meses depois da colheita tiveram um percentual de germinação de 80%, em oposição a baixas taxas de germinação apresentadas por sementes armazenadas durante quatro meses (Tabela 5).

Germinação

Para estimular a germinação, as sementes devem ser estocadas em temperaturas frescas (13-20ºC) e sob luz difusa, para evitar ressecamento e queimaduras das plântulas. A radícula emerge da cobertura da semente nos três primeiros dias, sendo que, em alguns genótipos, é possível observar-se a ponta da raiz até o quarto dia. A taxa de germinação normalmente é muito irregular, inclusive em sementes provenientes da mesma fruta, e isso é comum, tanto em plantações comerciais, como no caso de plantas selvagens. Sementes provenientes de algumas populações selvagens, como "Cardona", cujas frutas são normalmente colhidas por populações naturais da região central do México, são capazes de atingir até 91% de germinação depois de quatro dias em ambiente propício. Os cotilédones são visíveis depois de 24 dias (Mondragón, 1993). A germinação pode se estender

por várias semanas na *O. xoconoxtle* com apenas 48 porcento de germinação depois de 43 dias (Sánchez, 1992). Estudos sobre germinação de sementes, realizados em diversas espécies de *Opuntia* colhidas no oeste do Texas, revelaram que a escarificação com ácido sulfúrico aumentou o grau de germinação de maneira consistente. As temperaturas ótimas ficaram entre 25 e 35ºC e a germinação nada melhorou com sua variação. Houve uma tendência de aumento da germinação quando as sementes foram submetidas a lavagem em água durante doze horas, o que dá a entender a presença de inibidores químicos. As sementes que passaram pelo trato digestivo de gado bovino apresentaram percentuais de germinação 1,5 vezes maiores que as sementes germinadas depois retiradas das frutas (Potter *et al*., 1984).

Apomixia

Existem numerosos relatórios sobre apomixia no gênero Opuntia, incluindo as seguintes espécies selvagens ou ornamentais: *O. aurantiaca* Lindl, *O. dillenii* Haw., *O. glauciphyla*, *O. leucantha* Link, *O. rafinesqui, O. tortispina* Engelm. Nas espécies úteis ao consumo humano esse fenômeno só foi mencionado em relação à *O. ficus-indica*. Em todos os casos citados, os embriões das sementes apomícticas foram originados do tecido celular (Tisserat *et al*., 1979).

Tabela 5.
Percentagem de germinação das sementes nas variedades de palmas forrageiras cultivadas e selvagens, em diferentes intervalos de tempo depois da colheita das frutas.

Nome comum	Tempo depois da colheita (meses)					
	2	4	6	8	12	14
Burrona	0	0	0	0	3	0
Cardona Blanca	0	0	3	23	40	30
Chapeada	0	0	0	0	28	80
Cristalina	0	0	0	3	85	90
Naranjona	0	0	0	5	42	5
Negrita*	0	0	13	55	67	100
Tapona*	0	0	8	3	80	32

*Colhidas de populações selvagens.
Fonte: Pérez (1993)

Tabela 6.
Percentagem de sementes poliembriônicas nas palmas forrageiras cultivadas e selvagens e quantidade de embriões por semente.

Nome comum	Sementes poliembriônicas (%)	Freqüência de embriões por semente			
		1	2	3	4
Blanca lisa	16	0	28	2	0
Cardona Blanca*	3,5	0	7	0	0
Cristalina	7	0	11	2	1
Gomelilla*	1,5	0	3	0	0
Negrita*	11	0	17	0	0
Sangre de Toro	10	0	13	2	0

*Colhidas de populações selvagens.
Fonte: Pérez (1993)

A embriogênese nucelar é feita sem polinização. O saco embrionário degenera e é substituído pela nucela em expansão. As células alongadas do ápice nucelar (células da região micrópila) que limitam o embrião foram identificadas como iniciais. Elas são suscetíveis a coloração e se caracterizam por suas paredes de espessura diferente (Tisserat, 1979). Maheswari e Chopra (1955) verificaram que as células iniciais também são ricas em grânulos de amido. Cada célula se divide algumas vezes no início para gerar um embrião rudimentar pequeno e fechado. As divisões subseqüentes e o crescimento daí resultante provocam o rompimento da célula original e a liberação do embrião rudimentar (Tisserat *et al*., 1979). Em 1995 Buxbaum informou que na *Opuntia* sp. há sementes unidas pela cobertura funicular; no entanto, elas atuam como sementes individuais e, portanto, são classificadas como pseudopoliembriônicas. Em 1986 Trujillo informou que, em testes de germinação as *O. robusta, O. cochinera, O. streptacantha, O. leucotricha* e *O. rastrera* eventualmente apresentaram sementes poliembriônicas com dois e, em ocasiões raras, três embriões.

As percentagens de sementes poliembriônicas variam de 10,9 a 18,5% para *O. streptacantha* e seus híbridos; de 3,6 a 24,7 para *O. robusta*; de 0 a 14,3% para *O. cochinera*; de 0 a 6,7% para *O. leucotricha* e de 0 a 50% para *O. rastrera*. As palmas forrageiras do México têm entre 1,5 e 16% de sementes poliembriônicas por fruta, a quantidade mais comum de embriões por semente é de dois e em poucos casos foram observados até quatro (Pérez, 1993) (Tabela 6). Essa circunstância é uma das causas do aumento de tamanho da semente e representa um sério problema para o mercado das frutas (Mondragón, 1992a). Em algumas variedades cultivadas no México, como a Burrona, além da presença das sementes poliembriônicas, há outras que têm protuberâncias de forma irregular, o que limita seriamente o mercado potencial da fruta dessa palma forrageira (Pimienta, 1990).

PROPAGAÇÃO ASSEXUAL

Sob o ponto de vista botânico, as aréolas são tecidos meristemáticos capazes de produzir novos brotos, flores ou raízes, dependendo de sua posição, assim como ocorre em outras espécies frutíferas (Buxbaum, 1950). Na palma forrageira, os cladódios, as flores e também as frutas em desenvolvimento são capazes de diferenciação posterior, todavia, os cladódios são a unidade típica de propagação (Pimienta, 1990). Os cladódios que caem de maneira natural da planta mãe são o mecanismo típico de dispersão das plantações de palma forrageira selvagens (Nava *et al*., 1991).

Até cladódios não maduros de pequeno tamanho (menores que 15 cm) são capazes de gerar novos brotos e raízes. As frutas jovens e em desenvolvimento, se cortadas e colocadas em contato com o solo, produzem novas raízes (Pimienta, 1990). Aréolas de frutas em desenvolvimento foram estimuladas para produzir novas frutas e elas se desenvolveram e amadureceram normalmente como frutas múltiplas.

Tipos de propágulos

Os propágulos mais conhecidos são: cladódios individuais ou múltiplos. Na região centro-norte do México foram plantados pomares extensos com esse tipo de propágulo. A idade ótima do cladódio é de um ano, mas, geralmente, cladódios de dois e até de três anos são usados. Os cladódios múltiplos compreendem duas a três auréolas de 2 ou 3 anos de idade. Esse tipo de propágulo geralmente é usado pelos produtores italianos e chilenos e por alguns produtores mexicanos da região das pirâmides no México. O uso de cladódios individuais está associado a baixos custos de transporte e mão de obra para a plantação. Reduz as possibilidades de disseminação de pragas que vivem nos tecidos internos dos cladódios velhos. O uso de cladódios múltiplos também acelera a formação da estrutura vegetativa da planta e a produção prematura de frutas (normalmente no primeiro ano),

dependendo da época do corte. Contudo, os custos de mão de obra e de transporte são mais elevados e o material para plantar é mais difícil de manipular, devido a seu tamanho. A diferenciação de gemas florais é viável durante o primeiro ou segundo ano depois de plantado. Todavia, os rendimentos esperados da primeira colheita são baixos, em virtude do número reduzido de cladódios produtivos. De acordo com Barbera *et al*., (1988) o uso de cladódios múltiplos é ineficiente, devido ao grande número de plantas necessário por unidade de superfície. Além do mais, os cultivares espinhosos são ainda mais difíceis de manipular. Independentemente do método utilizado, verificou-se que o manejo do pomar, especialmente a fertilização e o controle de pragas, afeta a capacidade produtiva futura das novas plantas. Deve ser feita uma seleção cuidadosa do pomar doador das mudas com muita antecedência (Pimienta, 1990 e Mondragón, 1991). Algumas recomendações gerais a levar em conta quando se coletam os cladódios são: a) certificar-se de que a pomar-doador é da variedade desejada, b) selecionar pomares com alta produtividade sustentável, c) coletar cladódios isentos de pragas e doenças, com especial atenção às larvas perfuradoras dos cladódios e doenças virais, como o engrossamento dos cladódios e a proliferação de flores e d) coletar cladódios de plantas selecionadas, evitando pegar resíduos de poda.

As frações de cladódio são uma boa opção quando a disponibilidade de material vegetativo é baixa. Teoricamente a fração mínima deveria ter, pelo menos, uma gema ou uma aréola de cada lado (Barbera *et al*., 1993a). Essa técnica permite o tratamento térmico ou químico para o controle de doenças virais ou produzidas por fungos, respectivamente. Não obstante, ela geralmente não é utilizada em virtude de seu alto custo e pela falta de viveiros especializados. Infelizmente os produtores espalhados pelo mundo usam resíduos de poda obtidos do pomar comercial mais próximo. O tamanho do cladódio é a característica mais importante a ser levada em conta quando se selecionar material para plantação, já que ele afetará a quantidade e o tamanho dos brotos produzidos durante o primeiro ano de vida da plantação. Os cladódios maiores podem ser divididos em duas e até em quatro frações. Se forem usados cladódios pequenos, deve-se plantar somente cladódios inteiros.

Para fins comerciais, sempre é mais vantajoso selecionar cladódios de tamanho médio a grande, que produzirão brotos vigorosos, capazes de suportar a concorrência de ervas daninhas durante a etapa inicial da plantação.

Pode-se obter os cladódios após a colheita, mas antes do aparecimento dos brotos da estação seguinte. No México isso é feito ente novembro e fevereiro. Usualmente os produtores italianos coletam os cladódios para plantar entre março e julho. Na Itália, a plantação geralmente é feita no fim da primavera (Barbera *et al*., 1992).

Armazenagem dos cladódios

Uma vez coletadas os cladódios, eles devem ser armazenados durante quatro a seis semanas em um lugar seco à sombra para a suberização da ferida deixada pelo corte. Deve-se evitar a exposição direta ao sol, porque provoca queimaduras e deformações nos cladódios.

Viveiros de palmas forrageiras

Os cladódios para a implantação de viveiros devem ser rigorosamente selecionados de acordo com os critérios acima mencionados. Os cladódios são plantados em canteiros preparados para o cultivo intensivo. A aspersão, a adição de esterco e fertilizantes químicos, bem como um controle eficiente de pragas e doenças são indispensáveis para se obter altos rendimentos de cladódios maduros.

A propagação da palma forrageira em viveiros não tem sido bem sucedida, embora as técnicas necessárias para produzir uma grande quantidade de cladódios de qualidade padrão são conhecidas, mas a demanda é instável, devido à existência de mudas para pomares novos

proveniente de pomares antigos a preços baixos. Os preços observados no México no decorrer do ano de 1993 variaram entre 10 e 30 centavos de dólar por cladódio, razão porque a produção de cladódios em viveiro não é atrativa para os produtores, além das vantagens de usar cladódios provenientes de viveiros não têm sido entendidas. É recomendável a fertilização com esterco, com uma dose mínima de 40 ton/ha, que são incorporadas ao solo durante a preparação dos canteiros. Também é viável o uso de esterco proveniente de granjas avícolas, em vez de esterco de gado bovino. Ele tem um efeito mais rápido, porém menos duradouro. Mas se usa uma dose menor, de 6 ton/ha.

Tabela 7.
Quantidade e tamanho dos brotos de palma forrageira em função do tamanho de corte do cladódio cv. Selección Pabellón.

Tamanho[a]	Parte do cladódio	Área fotossintética (cm^2)	Matéria seca (g/planta)	Número de brotos
Grande	1/1	482,3	0,62	10,3
Grande	1/2	425,2	0,70	12,9
Grande	1/4	447,2	0,64	13,5
Grande	1/8	328,6	0,22	5,9
Médio	1/1	496,7	0.66	10,1
Médio	1/2	418,8	0,64	13,2
Médio	1/4	358,3	0,44	10,1
Médio	1/8	235,3	0,15	5,1
Pequeno	1/1	483,2	0,47	7,1
Pequeno	1/2	417,5	0,46	10,1
Pequeno	1/4	382,5	0,34	8,6
Pequeno	1/8	174,7	0,10	4,6

Fonte: Mondragón, (1992)
[a] Tamanho do cladódio, peso seco: grande, 160 g; médio, 90 g; pequeno, 60 g.

As dimensões dos canteiros são de 1,5 m de largura, 30 cm de altura e comprimento menor que 50 m. São usados cladódios individuais e completos. As distâncias entre cladódios são de 30 cm e entre as fileiras de 40 cm. A densidade de plantação é de aproximadamente 50.000 a 60.000 cladódios por hectare. Os cladódios são acomodados com as faces voltadas para a direção leste-oeste, o que melhora a produtividade. A fertilização química complementa a fertilização com estrume e proporciona um brotação abundante e prematura. A dose é de 90 kg de nitrogênio e 40 kg de fósforo por hectare por ano. A dose de nitrogênio é dividida em duas, uma por ocasião da plantação e a outra na metade do verão. O esterco é aplicada a cada três anos, distribuindo-se entre as fileiras das plantas. A rega depende das condições do solo e do clima, mas, como regra geral, sugere-se garantir um mínimo de 100 mm por mês. Depois da colheita as necessidades da planta são menores e a rega pode ser reduzida.

A forma da planta é controlada por meio da colheita e da poda. Como o objetivo, nesse caso, é produzir o maior número possível de cladódios, no primeiro ano não se remove nenhuma até o fim da estação. No momento da colheita se conservam os dois cladódios melhor colocados e que serão os cladódios produtivos do ciclo seguinte. Os cladódios colhidos são selecionadas cuidadosamente e depois desinfetadas e armazenados.

Esse método garante uma primeira colheita consistindo de dois ou três cladódios selecionados por planta, o que significa de 100.000 a 150.000 cladódios por hectare. No segundo ano esse rendimento pode ser facilmente triplicado.

Na África do Sul e na Itália se tentou produzir plantas em vasos. O sistema é viável e se começa com uma fração de um quarto de cladódio colocado num saco de 18 kg; em 6 a 12 meses se terá uma planta com 3 a 5 cladódios. Esse sistema implica em custos adicionais de transporte, devido ao maior tamanho dos sacos. Os cladódios devem ser colocados em bolsas para criar raízes na primavera, quando são mais fáceis de enraizar que no outono (Barbera *et al*., 1993a; Wessels, 1998).

Desinfecção dos cladódios

As perdas de plantas em plantações novas ou em viveiros são atribuídas principalmente a doenças por fungos, como a putrefação negra, atribuível a *Erwinia carotovora*, segundo Fuchikovsky (1990), a *Glomerella cingulata* (Stonem) Spaud e a *Colletotrichum gloeosporides* (Sacc. Magn.) Scrib. O tratamento preventivo pode ser feito, mergulhando os cladódios em calda bordalesa (1-1-100) ou em uma solução de thiabendazol a 60% antes de armazená-los.

Propagação por enxerto

No caso das Opuntias, o enxerto normalmente só é usado para multiplicar espécies exóticas e ornamentais. Graham (1987) informou que existe autocompatibilidade e compatibilidade interespecífica. Uma possibilidade interessante de enxerto é a redução da juvenilidade de plantas propagadas por semente. Tem-se praticado o enxerto em plantas adultas e também em plantas obtidas pela cultura de tecidos. O enxerto de plantas adultas é útil em estudos fitopatológicos, como em testes de transmissão de vírus e micoplasmas (Pimienta, 1974).

O microenxerto é feito a partir de brotos de três centímetros de comprimento, como porta-enxerto, e frações com 1 cm de comprimento, como enxerto, com ambas as peças de mesmo diâmetro. O enxerto e o porta-enxerto são cuidadosamente juntados, para evitar a formação de bolhas de ar no ponto de junção. As plantas enxertadas são colocadas em um meio de cultura basal de Murashige e Skoog, suplementado com 0,4 mg/litro de tiamina e 100 mg/litro de mioinositol sem hormônios. Foram testadas diferentes formas de corte, mas a transversal é a mais indicada. Em alguns casos, os adesivos sintéticos trouxeram uma melhora dos resultados (Estrada, 1988).

APLICAÇÃO DO CULTIVO DE TECIDOS PARA A MICROPROPAGAÇÃO DE *OPUNTIA* SP.

por **Víctor M. Villalobos A.**

Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação
Viale delle Terme di Caracalla,00100 Roma, Itália

INTRODUÇÃO

As opuntias se multiplicam por estaquia dos cladódios (ver Mondragón e Pimienta-Barrios neste volume). Também se tentou a propagação sexual, mas a multiplicação através de sementes apresenta vários problemas , inclusive a segregação genética, uma longa fase juvenil e uma baixa velocidade de crescimento, se comparada com a multiplicação assexual.

Embora a propagação clonal seja utilizada tradicionalmente, a necessidade de grandes quantidades de material demandada por grandes plantações é um sério problema prático. Além do mais, a implantação de plantações intensivas para a produção de verdura exige grandes quantidades de propágulos que garantam a uniformidade das plantas. Por essas razões, aplicam-se técnicas de cultivo de tecidos para se obter um sistema eficiente de multiplicação de opuntias em grande escala. Nesse contexto, a eficiência implica numa alta taxa de multiplicação, uniformidade genética e peso e volume reduzidos, em comparação com o método convencional.

APLICAÇÃO DO CULTIVO DE TECIDOS ÀS CACTÁCEAS

No decorrer dos últimos 15 anos foram desenvolvidas as técnicas de cultivo *in vitro* para mais de mil espécies, incluindo as Cactaceae. A primeira tentativa de propagação das cactáceas *in vitro* foi realizada por King (1957). Desde então, os métodos de cultivo de tecidos têm sido aplicados para várias finalidades, como biosíntese de alcalóides (Steinhart, 1962), estudos morfogênicos e fisiológicos (Minoscha e Menhra, 1974; Mauseth, 1976) e micropropagação (Corona e Yáñez, 1984; Havel e Kolar, 1983; Mauseth, 1976; Mauseth e Halperin, 1975; Vystok e Kara, 1984; Escobar *et al*., 1986; Ault e Blackmon, 1987; Clayton *et al*., 1990; Infante, 1992).

SISTEMA DE MICROPROPAGAÇÃO

Escobar *et al*. (1986) desenvolveram um método de micropropagação muito eficiente para *Opuntia amyclaea*, de acordo com o qual em 100 dias era possível obter 25.000 plantas provenientes de um cladódio de cerca de 5 cm (Figuras 13 e 14). Para a obtenção dessa alta taxa de multiplicação, foram experimentadas diferentes concentrações de benzil-adenina (BA) em plantas resultantes dos cladódios com brotos diferenciados. A BA possibilitou o desenvolvimento de brotos em aproximadamente 25 dias depois de iniciado o cultivo (Figura 14A). As seções longitudinais dos novos brotos foram expostas a concentrações maiores de BA, o que possibilitou o desenvolvimento de brotos a partir de gemas axilares pré-existentes (Figura 14B).

EFEITOS DA SACAROSE

A maioria dos sistemas de cultivo *in vitro*, incluindo os resultados informados sobre cactáceas, usam uma concentração de 3 porcento de sacarose no meio. Escobar *et al*. (1986) estudaram o efeito de concentrações de sacarose maiores ou menores sobre a proliferação de brotos em *O. amyclaea*. As plantas resultantes, cultivadas no meio de cultura de Murashige e Skoog (1962) devem ser complementadas com sacarose nas seguintes concentrações: 0, 2, 3, 4 e 5 porcento. Durante o cultivo, as plantas resultantes que estiverem em um meio sem sacarose, se tornam escuras e morrem dentro de 12 dias. As plantas resultantes dos meios contendo sacarose apresentam diferentes níveis de desenvolvimento de brotos (Figura 15). O comprimento dos brotos desenvolvidos aumenta proporcionalmente à concentração de açúcar no meio; a concentração ótima para a formação dos brotos é de 5 porcento.

DIFERENCIAÇÃO DE RAÍZES E DESENVOLVIMENTO DA PLANTA NO SOLO

A criação de raízes das cactáceas *in vitro* foi relatada em vários artigos. A formação da raiz geralmente surge depois de duas a três semanas de cultivo, usando um meio simples ou diluído com uma concentração de sais a 50% (Infante, 1992). Escobar *et al*. (1986) estudaram a diferenciação radicular ao transferir brotos alongados para um meio fresco contendo ácido indol-butírico (AIB) em diferentes concentrações e em função da redução da concentração de sais no meio do cultivo. A Figura 16A mostra a criação de raízes *in vitro* em meios complementados com AIB depois de 10 dias de cultivo. Os brotos transferidos para um meio com a concentração de sais diluída a 50% também estimulou a diferenciação das raízes, embora elas tenham se reduzido em número e quantidade (Figura 16B). Estudos histológicos realizados a respeito da diferenciação radicular indicam que sua origem é o câmbio (Figura 16C).

As plantas regeneradas *in vitro* apresentaram um comportamento diferente quando transferidas ao solo. As plântulas obtidas de um meio com alta concentração de AIB (5/50 M) tinham um comprimento aproximadamente duas vezes maior que as enraizadas com auxinas a baixas concentrações. A Figura 17 mostra plantas de *Opuntia* micropropagadas adaptadas ao solo. Durante os primeiros meses, as plantas micropropagadas e transferidas para o solo apresentam um talo cilíndrico, o que é característico de plântulas jovens (Figura 17A). Depois de aproximadamente seis meses as plantas apresentam a forma típica dos cladódios (Figura 17B). Outra característica importante do sistema de micropropagação é a uniformidade de todos os indivíduos propagados através desse processo.

Escobar *et al*. (1986) relataram que a eficiência do sistema era possível pelo fato de que um cladódio de 5 cm podia ser cortado em 30 segmentos (plantas resultantes) e que cada segmento produzia uma média de um broto depois de 25 dias. Esse broto pode, então, ser cortado longitudinalmente em dois brotos resultantes, sendo que cada um deles desenvolverá uma média de 15 brotos em 30 dias de cultivo (Figura 13). Uma repetição do processo permite a produção de uma média de 25.000 plantas micropropagadas em 100 dias de cultivo. Os brotos podem, então, enraizar-se conforme descrito acima.

CULTIVO DE CALOS E EMBRIOGÊNESE SOMÁTICA

Infante (1992) relatou a indução de calos e de embriogênese somática de pitaya amarela, usando pedaços de raiz e cotilédone em um meio MS, complementado com ANA. A formação do calo de aparência granular começou no fim da primeira semana de cultivo; quatro semanas depois se formaram uns rácimos de formato globular. Depois de três semanas adicionais os embriões

somáticos se diferenciaram e os cotilédones se tornaram evidentes. Estes germinaram, todavia não há informações sobre o desenvolvimento posterior das plântulas de pitaya.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar de o cultivo de tecidos se aplicar a várias espécies, os benefícios dessa tecnologia não foram totalmente aplicados às cactáceas. Encontram-se em desenvolvimento protocolos para a micropropagação das cactáceas, porém muitas outras técnicas relacionadas com produtos de fermentação (biosíntese de produtos farmacológicos), melhoramento genético, conservação de germoplasma, caracterização e intercâmbio de materiais, ainda não foram aplicadas nas cactáceas como em outras diversas famílias.

O potencial da variação somaclonal e o melhoramento por mutações, juntamente com o cultivo de tecido, aumentará a variabilidade através de novas combinações genéticas. Isso pode levar a melhores genótipos para a produção de biomassa, indivíduos que não se oxidem, maior teor de açúcares em frutas e outros. Esses caminhos são utilizados com sucesso em outras culturas propagadas vegetativamente, mas, até o momento, pouco foi feito em relação à palma forrageira.

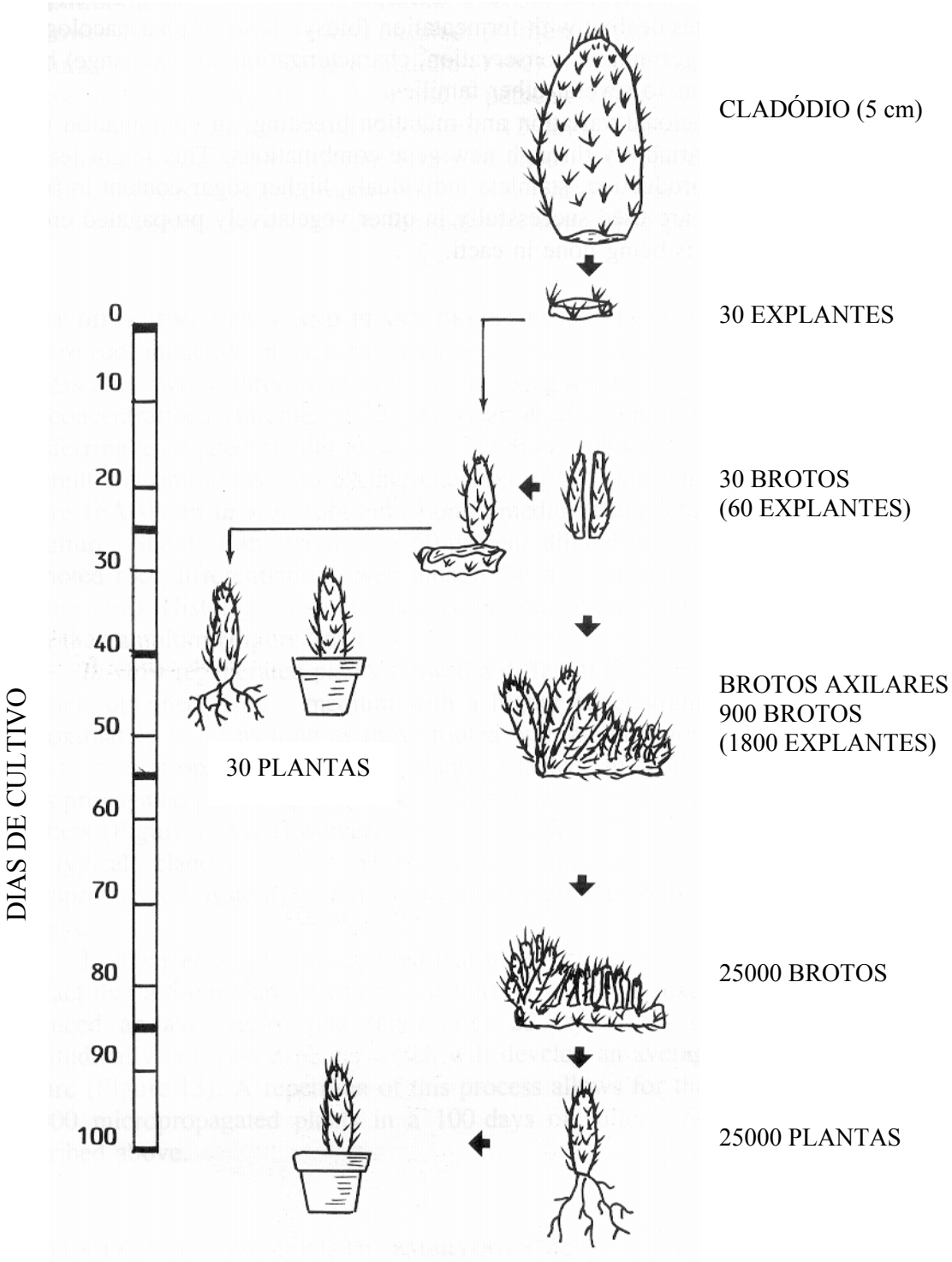


Figura 13. Passos esquemáticos na micropropagação de *Opuntia amyclaea.*
Fonte: Escobar *et al*., 1986.

Figura 14. Desenvolvimento e multiplicação de brotos. (A) Desenvolvimento de brotos depois de 25 dias de cultivo. (B) Seções longitudinais de broto desenvolvido, mostrando o desenvolvimento de novos brotos surgindo da gema pré-existente.

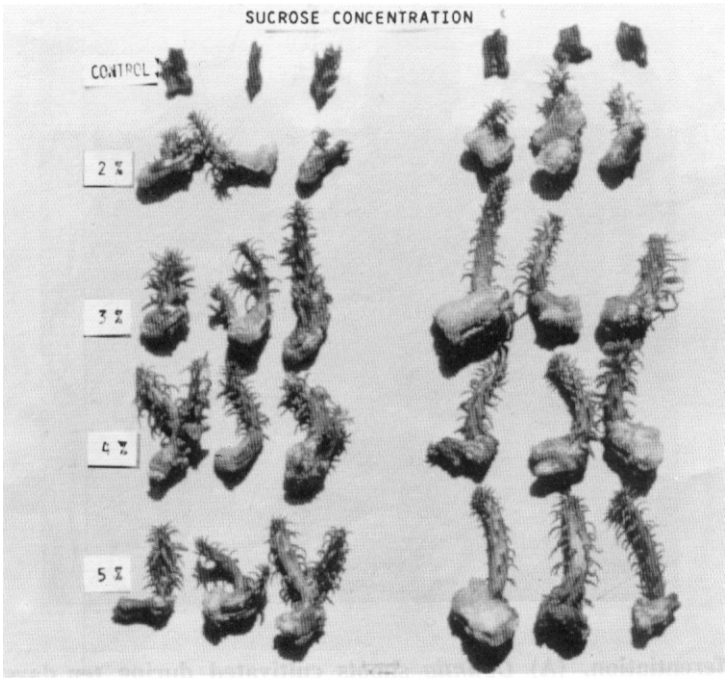


Figura 15. Desenvolvimento de brotos em meios com diferentes concentrações de sacarose (%): 0 (comparativo); 2; 3; 4 e 5. As plantas resultantes no meio comparativo não apresentam desenvolvimento; as demais, tratadas, reagem na proporção da concentração de sacarose. O tratamento com 5% de sacarose apresenta o melhor resultado.

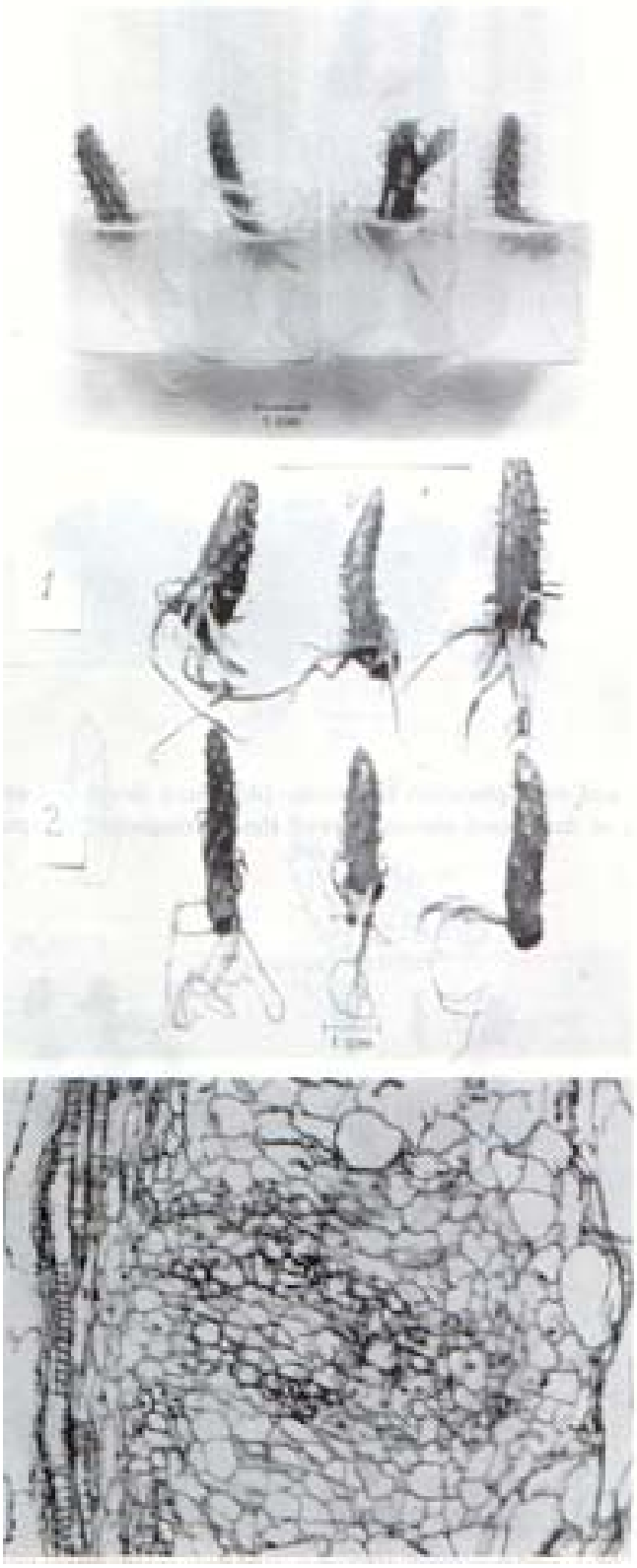


Figura 16. Diferenciação radicular. (A) Brotos de *Opuntia* cultivados durante dez dias em um meio de cultivo complementado com AIB. (B) Efeito sobre a quantidade de raízes em função da concentração de sal no meio. Indução de raízes em brotos cultivados em solução plena (1) ou metade da solução (2) de sais. (C) Seção histológica de raízes novas diferenciadas a partir do câmbio.

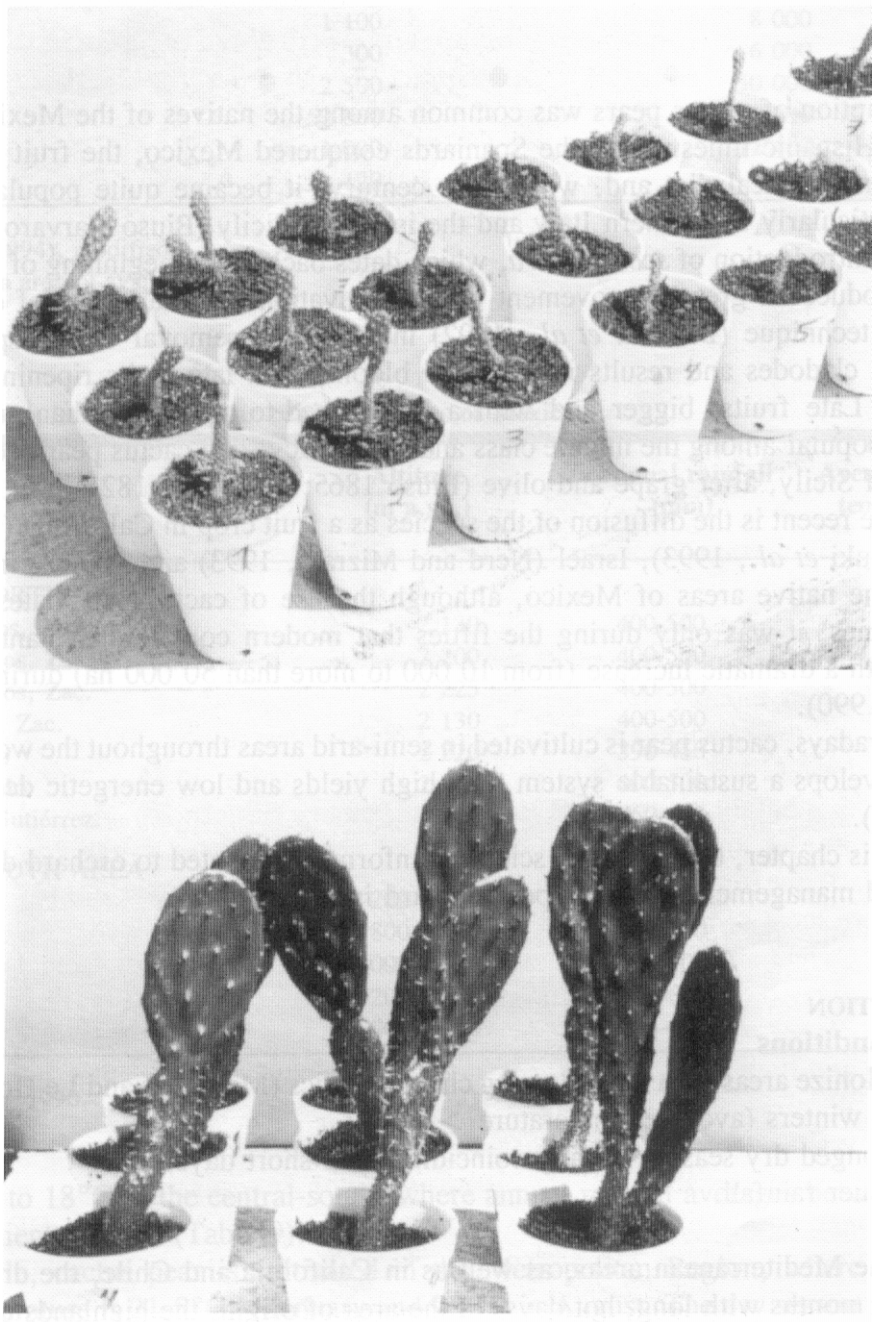


Figura 17. Plantas micropropagadas de *Opuntia* no solo. (A) Plantas recém-transferidas, mostrando características juvenis. (B) Plantas com seis meses de idade, com formas típicas dos cladódios.

PLANTAÇÃO E MANEJO DO POMAR

por **P. Inglese**

Università degli Studi Reggio Calabria, Italia

INTRODUÇÃO

O consumo da fruta de palma forrageira era comum entre os nativos dos planaltos do México durante a época pré-hispânica. Depois que os espanhóis conquistaram o México, a fruta manteve sua função básica na dieta local e, no espaço de um século, chegou a ser popular no sul da Europa, em particular no sul da Itália e na Ilha da Sicília (Biuso Varvaro, 1895).

A introdução da *scozzolatura*, que data do início do século dezenove, promoveu um melhoramento no cultivo e na comercialização da fruta de palma forrageira na Itália. A técnica da *scozzolatura* (Barbera *et al*., 1992) envolve a eliminação de flores e cladódios da floração da primavera, o que resulta numa segunda floração, cuja fruta amadurece em outubro-novembro. As frutas tardias, maiores e com uma proporção semente-polpa menor que a das frutas de verão, se tornaram tão populares entre a classe média e a aristocracia, que a fruta da palma forrageira se converteu na terceira mais consumida na Sicília, depois da uva e da azeitona (Biuso , 1865; Coppoler, 1827).

Mais recentemente disseminaram-se as espécies como culturas de frutas na Califórnia (Curtis, 1977), no Chile (Sudzuki *et al*., 1993), em Israel (Nerd e Mizrahi, 1993) e na África do Sul (Wessels, 1988). Embora o cultivo da palma forrageira nas áreas nativas do México remonte ao período pré-hispânico, foi somente nos anos cinqüenta que começaram a se desenvolver as plantações comerciais modernas, com um crescimento dramático (de 10.000 ha a mais de 50.000 ha) nos anos oitenta (Pimienta, 1990).

Hoje a palma forrageira é cultivada nas áreas semi-áridas do todo o mundo (Tabela 8), desenvolvendo-se um sistema sustentável com altos rendimentos e baixa demanda energética (Baldini *et al*., 1982).

Neste capítulo serão repassadas as informações técnicas e científicas relacionadas a projeto, plantação e manejo de um pomar de palma forrageira visando a produção de frutas.

SELEÇÃO DO LOCAL

Condições climáticas

As opuntias vegetam bem em áreas com as seguintes características (Monjauze e Le Houérou, 1965):

- invernos moderados (temperatura média > 10ºC);
- período prolongado de seca que, normalmente, coincide com dias curtos;
- chuva durante o verão.

Nas áreas Mediterrâneas, assim como na Califórnia e no Chile, a temporada seca ocorre nos meses de verão, com dias longos e quentes. Nas áreas de origem, isto é, nos planaltos mexicanos, as espécies são cultivadas na região semi-árida central (Zacatecas, San Luis Potosi, Aguascalientes,

Jalisco, Guanajuato), abrangendo mais de 35.000 ha, e no centro-sul (estados de Hidalgo, México, Tlaxcala e Puebla), onde ocupam 15.000 ha. A precipitação anual se situa na faixa de 350 a 500 mm, concentrados nos meses de verão, durante o período de desenvolvimento da fruta (PDF). A temperatura média anual varia entre 16° e 18°C na área centro-norte e entre 14° e 18° na área centro-sul, onde a média anual de chuvas é de 400 a 700 mm (Pimienta, 1990) (Tabela 9).

Tabela 8.
Áreas representativas cultivadas com *Opuntia* para a produção de frutas.

País	Área (hectares)	Colheita anual (toneladas peso fresco)
Argentina	500	2.500
Bolívia	1.200	3.000
Chile	1.100	8.000
Israel	300	6.000
Itália	2.55	50.000
México	52.000	300.000
África do Sul	1.000	12.400
Estados Unidos	120	-

Fonte: Nobel (1994) modificado.
Dados da Austrália indisponíveis.

Tabela 9.
Condições climáticas nas áreas produtoras de fruta de palma forrageira no México.

Local	Altitude (m sobre nível mar)	Chuva anual (mm)	Temperatura média anual (ºC)
ÁREA CENTRO-NORTE			
La Palma, Pinos, Zac.	2.130	400-500	16-18
Los Gatos, Pinos, Zac.	2.200	400-500	16-18
Los Alpes, Pinos, Zac.	2.225	400-500	16-18
El Sitio, Pinos, Zac.	2.130	400-500	16-18
Ojuelos; Jalisco	2.200	390-450	16-18
Saladillo, Pánfilo	1.040	400-500	16-18
Soledad Díez Gutiérrez	1.840	350-450	16-18
ÁREA CENTRO-SUL			
Acolman	2.202-2.400	500-700	14-16
Tula	1.800-2.400	400-700	16-18
Singuilucan	2.000-2.400	500-600	16-18
Tepejí del Rio	2.200-2.400	500-600	16-18
Huichapan	1.800-2.000	500-600	16-18

Fonte: Pimienta, 1990.

No Chile a palma forrageira é cultivada na região metropolitana, onde a temperatura é de 21,5ºC em janeiro e de 9,2ºC em agosto. A época seca dura de quatro a cinco meses no verão e a média anual de chuva é de 350 mm (Sudzuki *et al*., 1993). Na Itália as espécies são cultivadas para a produção de frutas em mais de 2.500 ha concentrados na Ilha da Sicília, nas regiões de San Cono, Monte Etna e Santa Margherita Belice. O clima é mediterrâneo, com invernos moderados e chuvosos e com verões quentes e secos (Figura 18). A temperatura média anual é de 16ºC e a temperatura média mensal durante o PDF varia de 19ºC (junho) a 25,5ºC (julho-agosto) e de 18ºC a 15ºC durante o período de maturação e colheita (outubro-novembro). As precipitações anuais se situam entre 550 e 600 mm e a temporada seca dura quatro meses (junho-setembro).

Em Israel as espécies são cultivadas no Deserto de Negev numa área acima de 200 ha. A temperatura média mensal durante o PDF (colheita de verão) varia de 21ºC (maio) a 24,5ºC (julho-agosto). A temperatura média mensal mais baixa é de 13ºC em janeiro (Figura 18) e a faixa de precipitação anual é de 40 a 700 mm. Na África do Sul as espécies foram introduzidas no Cabo Sudoeste (chuva de inverno), mas elas encontraram seu nicho no Cabo Leste (chuva de verão) e em Ciskey, onde se encontra a maior parte cultivada (1.000 ha). A temperatura média anual se situa entre 14º e 18,6ºC e a temperatura média durante o PDF vai de 18,2º (outubro) a 22,4ºC (janeiro). A precipitação anual varia de 365 a 670 mm (Figura 18).

Durante o PDF há chuvas na África do Sul e no México, enquanto que na Califórnia, no Chile, em Israel e na Itália elas se concentram no inverno, quando as plantas não têm um aparente crescimento. Em todas as áreas a temperatura média anual é superior a 14,5ºC. A temperatura média durante o PDF se situa na faixa de 20º a 25ºC e durante a maturação das frutas na faixa de 18º a 14ºC. Temperaturas acima de 35ºC associadas com baixa umidade relativa do ar podem causar queimaduras do sol nas frutas (Brutsch, 1992). As temperaturas baixas (< 14ºC) durante o PDF e a maturação atrasam a maturação da fruta, reduzem o teor de açúcares e o percentual de polpa. Para se obter uma boa floração depois da *scozzolatura*, a temperatura média durante a floração não deve ser inferior a 18-20ºC (Barbera e Inglese, 1993). As altas temperaturas reduzem a fertilidade dos cladódios e atrasam a brotação da primavera, dando a entender que a palma forrageira exige um frio não definido (Nerd *et al*., 1993). A espécie é danificada por granizo e por geadas de primavera, sobretudo durante o brotação das gemas.

Condições do solo

A espécie está presente em uma ampla faixa de solos: desde vertisolos, luvisolos e feozones no México, a litisolos, regosolos, cambisolos e fluvisolos na Itália. O pH do solo varia de subácido (luvisolos no México) a subalcalino (litosolos na Itália), mostrando uma boa adaptação da espécie. Uma profundidade de solo de 60 a 70 cm encaixa bem com o desenvolvimento do sistema radicular superficial da palma forrageira. Todavia, solos com pouca capacidade de drenagem, lençol freático raso e/ou camada superficial impermeável não devem ser considerados como adequados. O teor de argila não deve exceder de 15 a 20 porcento, para se evitar a putrefação das raízes e uma raiz e copa reduzidas. Wessels (1988) sugere que o teor de cálcio (Ca) e o potássio (K) devem ser altos para um cultivo com sucesso da palma forrageira e da quantidade da fruta. A palma forrageira não é uma espécie tolerante ao sal comum. Não se dispõe de estudos de campo sobre o efeito do sal comum na produtividade das plantas, porém 50 a 70 moles de $NaCl/m^3$ devem ser considerados como o valor limite para uma produção rentável. Os efeitos de replantação sobre o comportamento do pomar são desconhecidos, mas é recomendável promover culturas anuais, particularmente leguminosas, ou deixar o solo sem cultivar durante um a dois anos.

Concluindo, a guia para a seleção do local de plantação pode ser resumida conforme abaixo:

- Temperatura média anual de 15 - 18ºC.
- Temperatura média durante o PDF: 15 - 25ºC.
- Ausência de temperaturas de congelamento (-5ºC).
- Ausência de geadas de primavera durante a brotação.
- Solos com boa drenagem e baixo teor de argila (20%).
- Ausência de lençol freático elevado.
- Teor de NaCl na água do solo menor que 70 moles/m^3.
- Disponibilidade de água para rega nas áreas em que não há chuva durante o PDF ou quando esta for inferior a 300 mm durante o ano.

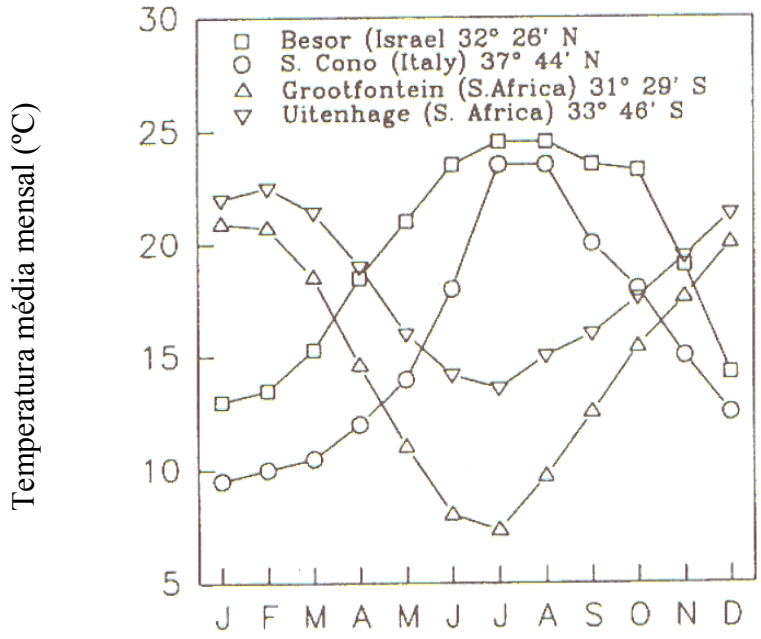


Figura 18. Temperaturas médias mensais em alguns locais em que se cultiva a palma forrageira visando a produção de frutas.

OPERAÇÕES ANTES DE PLANTAR

As operações antes de plantar incluem análises do solo e fertilização, sendo necessária a limpeza do terreno. O nivelamento é essencial, caso o pomar seja regado artificialmente. O solo deve ser arado a uma profundidade de 60 a 80 cm para assegurar uma boa drenagem e uma boa armazenagem de água, e erradicar as ervas daninhas que competem com as palmas forrageiras, principalmente nos primeiros estágios depois de plantadas. Adicionalmente o solo deve ser rasgado com um subsolador para melhorar a drenagem e evitar alterações em seu perfil. Em solos arenosos e livres de ervas daninhas, as operações antes de plantar podem se restringir à escavação de covas individuais ou de sulcos.

Junto com a preparação do solo há uma fertilização de fundação; a literatura oferece poucas recomendações a esse respeito. As sugestões de Wessels (1988) para a região de Karoo na África do

Sul indicam que os níveis ótimos de macroelementos no solo são de 150 mg K/kg, 12-15 mg P/kg e 80-100 mg Mg/kg. Na Itália a fertilização de fundação é de 300 kg P_2O_5/ha e de 350 kg K_2O/ha. Essas recomendações parecem estar exageradas, visto que nos solos pouco profundos da área de Santa Margherita a quantidade de fertilizantes aplicados antes da plantação é muito menor (50 porcento) que na área de San Cono (Barbera e Inglese, 1993).

As aplicações de 20 a 30 ton/ha de esterco antes da plantação foi recomendada por Monjauze e Le Houérou na África do Sul (1965). De fato, o esterco é desejável porque melhora a estrutura do solo e aumenta seus nutrientes e a capacidade de retenção da umidade. A fertilização de fundação deve ser quantificada através de uma análise do solo, considerando-se um nível ótimo de K e de P como sendo de 150-300 ppm. Em solos arenosos ou onde se rega continuamente (Israel), a fertilização de fundação pode ser suprimida, fornecendo-se os nutrientes juntamente com a rega durante o ciclo anual de crescimento da planta.

PROJETO DO POMAR

Um pomar de palma forrageira pode ser implantado:
- com um layout em forma de cerca-viva;
- com um layout quadriculado.

A escolha do layout do pomar depende do tamanho da área agrícola, das condições ambientais (sobretudo da intensidade da luz, da declividade e da exposição), do hábito de crescimento da cultivar, do sistema de condução das plantas e da presença de pragas (como a cochonilha).

As plantações especializadas, estabelecidas na Itália no decorrer do século dezenove, foram feitas em forma de cercas-vivas contínuas com as plantas espaçadas de 0,5 m e as fileiras espaçadas de 6-8 m. Também foram feitas fileiras múltiplas, com espaçamento menor dentro delas (90 x 25 cm); essas fileiras estavam espaçadas em 8 m. As cercas-vivas ainda são utilizadas em Israel, onde foram implantados pomares com rega por gotejamento. Lá as plantas são colocadas a 1,5 m de distância entre si, com fileiras espaçadas em 4 m (1.666 plantas/ha). Em lotes pequenos, com menos de 5 ha, Pimienta (1990) sugere um espaçamento próximo (2-3 m) entre plantas, com fileiras espaçadas em 3 m (1.110 a 1666 plantas/ha). Com essas distâncias tão pequenas entre plantas, as fileiras parecem cercas-vivas contínuas dentro de quatro a cinco anos depois da plantação, sobretudo se não é feita poda anual. O espaçamento pequeno dentro da fileira aumenta consideravelmente o número de cladódios férteis nos primeiros estágios de vida do pomar. Em Israel, Nerd e Mizrahi (1993) relatam rendimentos de fruta da ordem de 18 ton/ha em plantas de quatro anos espaçadas a 4 x 1,5 m. Os espaços pequenos favorecem o desenvolvimento de copas densas, que necessitam de podas freqüentes e intensas para evitar sombreamento dos cladódios. Copas muito densas facilitam a infestação de cochonilha e reduzem a eficiência das operações de controle de pragas (aspersão).

Se as árvores são espaçadas num esquema quadriculado, as plantas podem ser conduzidas para a forma de um “vaso aberto” ou para um arbusto tipo globo. As distâncias da plantação variam segundo o sistema de condução e o hábito de crescimento da cultivar. Na Itália as distâncias variam de 4 x 6 m (416 plantas/ha) a 5 x 7 m (290 plantas/ha). Para o "vaso aberto" utilizam-se espaçamentos mais próximos nos solos pouco profundos de Santa Margherita, onde as plantas são regadas em suas "bacias", podadas duas vezes por ano e cortadas para manter sua altura em 2,5 m. Para um lote com mais de 20 ha, Pimienta (1990) recomenda, no México, distâncias de 4 m dentro das fileiras que se encontram espaçadas em 5 m (500 plantas/ha).

Na África do Sul as plantas são espaçadas de acordo com o hábito de crescimento do cultivar. As plantas do tipo arbustivo necessitam de menos espaço que as plantas eretas e

desenvolvem uma cerca-viva contínua por seu hábito de crescimento aberto e baixo. A recomendação geral para os cultivares tipo arbusto é de 2 a 3m dentro das fileiras, que devem estar espaçadas e de 4 - 5 m (1.250 - 666 plantas/ha). Distâncias menores exigem poda anual para evitar o sombreamento e a infestação de cochonilha. Os tipos eretos podem ser espaçados de 3 - 4 m dentro das fileiras, que estariam espaçadas de 4 - 6 m (415 - 830 plantas/ha) (Wessels, 1988).

PLANTAÇÃO DO POMAR

As opções para o projeto do pomar incluem a orientação das fileiras, a época de plantar, o material para plantar, o número de cladódios por cova e sua colocação.

Orientação da fileira

Uma orientação correta da fileira é um aspecto essencial para se maximizar a captação de luz pela copa. Os cladódios tendem a se orientar na direção leste-oeste, exceto nas latitudes abaixo dos 27º e em áreas onde o desenvolvimento dos cladódios ocorre no inverno (Nobel, 1982). Levando-se em conta que os cladódios devem ser plantados com as faces planas voltadas para a rua central, as fileiras devem ser orientadas na direção norte-sul, a fim de maximizar a captação da RFA (Radiação Fotossintéticamente Ativa). De fato, no México, na Itália e na Califórnia os produtores são orientados para lançar suas fileiras na direção norte-sul, desde que as condições topográficas o permitam.

Época de plantar

A época de plantar varia em função da latitude e das condições ambientais (disponibilidade de água, temperatura e chuvas): maio a junho na Itália, março a maio no México e agosto a setembro na África do Sul e no Chile (Barbera e Inglese, 1993; Pimienta, 1990; Sudzuki *et al*., 1993; Wessels, 1988). Plantando no fim do verão, tem-se um desenvolvimento lento do sistema radicular e da copa, devido às baixas temperaturas do inverno subseqüente e à visita de animais selvagens, quando o inverno é seco, como é o caso do México. Se chove no inverno, o que foi plantado no fim do verão corre o risco de apodrecer no corte da base do cladódio colocado na terra. Se se planta durante a época seca e não se rega, o crescimento radicular é insuficiente e os cladódios murcham com facilidade, podendo morrer, devido às altas temperaturas e à baixa umidade. Mesmo com chuva no verão, freqüentemente o ciclo de crescimento da raiz e do cladódio é muito curto. Os cladódios jovens podem ficar pequenos e, portanto, facilmente danificados pelas baixas temperaturas do próximo inverno. Todas essas considerações levam à recomendação de que o melhor período para plantar é o fim da primavera. De fato, nessa época o solo está suficientemente úmido para possibilitar o desenvolvimento da raiz em áreas com chuvas no inverno, enquanto que as plantas se beneficiam das chuvas que caem depois da plantação nas áreas com chuvas de verão. Por outro lado, a velocidade de desenvolvimento da raiz e do cladódio é maior durante o fim da primavera e início do verão (Barbera *et al*., 1993a; Wessels, 1988).

Material para plantar

Para a plantação de pomares geralmente se utilizam cladódios. As vantagens e desvantagens de cladódios simples ou múltiplos são discutidas em outra parte deste livro. Há um desenvolvimento rápido da copa se se plantam dois cladódios numa cova, sendo que os cladódios devem estar paralelos e espaçados de 0,4 m ou se se plantam 3 a 4 cladódios dispostos em triângulo ou quadrado

e espaçados de 0,3 m. Desse método resulta uma planta tipo arbusto, com um desenvolvimento rápido da copa, mas é necessário muito material vegetativo e maior distância dentro da fileira. Se se planta somente um cladódio múltiplo por cova, a planta resultante pode ser conduzida para a forma de um vaso aberto ou para um globo. Antes de se plantar, deve-se colocar os cladódios num ambiente semi-sombreado durante quatro a seis semanas para que percam o vigor, evitando, assim, a putrefação do corte depois de terem sido colocados na terra. Como desinfetante para os cortes pode-se utilizar uma pasta bordalesa, bem como 0,4 ml de metidation ou 1 g/litro de oxicloreto de cobre.

Colocação dos cladódios

Os cladódios podem ser colocadas de três formas nas covas: 1) para cima; 2) com um ângulo de 30º; 3) deitados.

1) O método de colocá-los para cima é o mais utilizado; os cladódios são plantados para cima com o corte basal no solo. Se o cladódio é plantado superficialmente, ele pode ser facilmente derrubado pelo vento, desenvolvendo um sistema radicular muito superficial. Por outro lado, se ele é colocado em mais de 70% dentro do solo, a parte que fica exposta não poderá alimentar adequadamente, através da fotossíntese, a brotação e o desenvolvimento das raízes. Uma recomendação prática é a de enterrar metade do cladódio, mas se forem utilizados cladódios múltiplos, deve-se enterrar a maior parte de sua base para que se dê estabilidade à planta.

2) O cladódio pode ser plantado com um ângulo de 30º e um terço dele é enterrado. Esse método é viável quando se usa apenas um cladódio para plantar e quando o objetivo não é a produção de frutas. A planta não desenvolve um caule basal forte, mas enraíza facilmente.

3) O método deitado ou "plano" era comum nas plantações de palma forrageira introduzidas na Europa. O cladódio é colocado com sua área mais plana sobre o solo, colocando-se, algumas vezes, uma pequena pedra sobre ele para melhorar o contato com o solo e evitar que seja levantado pelo vento. A única vantagem desse método é o custo mais baixo para plantar e a não necessidade de se fazer covas.

Se o solo estiver muito seco, os cladódios serão beneficiados com uma rega depois de plantados.

PODA E SISTEMAS DE FORMAÇÃO

A finalidade da poda muda com a idade da planta. A poda de formação inclui a constituição do esqueleto da planta e difere, segundo o sistema de condução futuro. Quando a planta começa a frutificar, a poda é feita: para maximizar a exposição da copa à luz, para facilitar providências no cultivo, como o controle de pragas e doenças, raleadura de frutas e colheita, para renovar cladódios férteis. As plantas maduras com mais de 25-30 anos de idade apresentam uma redução de fertilidade e de capacidade de renovação de cladódios. Nessa fase a poda de renovação pode ser uma alternativa à extinção da plantação.

Poda de formação

O desenvolvimento do sistema de poda da árvore começa com a escolha do material para plantar. Para desenvolver um vaso, só se pode colocar um cladódio simples ou um cladódio múltiplo em posição horizontal em cada cova. Qualquer que seja o futuro sistema de condução, durante o primeiro ano da plantação devem ser eliminadas os cladódios que cresçam para baixo, na horizontal ou na parte basal da planta. Para desenvolver um vaso, não se deve selecionar mais do que dois

cladódios eretos da planta mãe. O sistema de globo não dispõe de um caule principal e resulta em plantas maiores, com uma grande quantidade de cladódios férteis distribuídas ao redor da parte externa da copa, com ângulos de 25º-30º. As recomendações para a poda de formação incluem a remoção de cladódios danificadas e frutas que competem com o crescimento da planta durante as fases iniciais de seu desenvolvimento.

Poda de produção

A finalidade da poda de frutificação é expor tantos cladódios quanto possível à luz solar. Os cladódios que se desenvolvem nas partes sombreadas da copa são menos produtivos que os situados na parte externa. A opacidade e a espessura de um cladódio faz com que a poda seja essencial para facilitar a distribuição da luz dentro da copa. Cladódios escondidos que se desenvolvem em copas muito densas, bem como cladódios que tocam no solo são facilmente atacados por cochonilha e difíceis de se atingir por aplicações de pesticidas. A redução da densidade da copa facilita as providências necessárias ao cultivo (como a raleadura de frutas, a *scozzolatura* e a colheita) e ajuda a melhorar a qualidade das frutas. Quanto menor for o espaçamento entre as plantas, maior deverá ser a intensidade e a periodicidade da poda. A maior parte da colheita é feita nos cladódios terminais de um ano de idade e a capacidade desses cladódios produzirem frutas depende do peso seco que acumulam em relação à área de sua superfície. Como a captação atmosférica de CO_2 depende da captação diária de luz, a exposição dos cladódios afeta sua fertilidade. A competição entre cladódios em crescimento afeta seu desenvolvimento; como regra geral, não se deve conservar mais do que dois cladódios filhos em um cladódio mãe, visando a maximização de seu desenvolvimento e a redução de danos pelo vento. Em plantas bem expostas, 85 a 95 porcento dos cladódios de um ano produzem frutas; freqüentemente os de dois anos também produzem, mas sua contribuição em termos de fertilidade é limitada, sobretudo onde se pratica a *scozzolatura*. Se não houver atividade vegetativa, os cladódios de 2 anos que já produziram devem ser eliminados.

Época da poda

A poda não deve ser feita durante a época de chuva (exemplo: condições de verão no México) e durante a época fria (exemplo: inverno nas condições tipo mediterrâneo) para evitar que se desenvolvam putrefações de cladódios e escamações. A poda de verão deve se limitar à eliminação de cladódios do ciclo recente que se encontrem sobre cladódios férteis e à redução do número de cladódios que se encontrem sobre cladódios mãe vegetativos. A poda de verão encurta o período de desenvolvimento de cladódios novos, que serão, por isso, de tamanho reduzido, sensíveis a geadas de inverno, bem como inférteis no ciclo seguinte (Barbera e Inglese, 1993; Wessels, 1988). As considerações acima dão a entender que o melhor período para poda é a primavera nas áreas em que as temperaturas são suficientemente altas para a cicatrização das feridas dos cortes. Na África do Sul, Wessels (1988) sugere podar entre maio e julho, depois da colheita das frutas, quando a planta já não está em crescimento ativo, o que possibilitará a formação de novos cladódios na primavera seguinte. Essa estratégia é possível em regiões com invernos secos e onde as temperaturas são suficientemente altas para que o corte da poda possa secar. Pimienta (19986) sugere que, no México, a poda seja feita entre novembro e março, durante a época seca e fria; deve-se reduzir a copa das plantas para uma altura de 2-2,5 m para evitar o uso de escadas na raleadura das frutas, na *scozzolatura* e na colheita.

Poda de rejuvenescimento

A maioria das plantas reduz seu potencial frutífero 25-30 anos depois de plantadas. O rejuvenescimento dessas plantas fracas pode ser feito através do corte de ramos de 3-4 anos de idade (Mulas e D'hallewin, 1990). Também se praticam podas pesadas em plantas fracas, cortando até onde se encontrem cladódios lignificados. A planta podada dessa maneira pode frutificar dois ou três anos depois da poda, dependendo de sua intensidade. Para melhorar seu efeito, pode-se fertilizar as plantas com uréia (60 kg/ha) depois da poda.

Os princípios e recomendações relativos à poda podem ser resumidos como segue:

- Eliminar os cladódios voltados para dentro da planta, para baixo e que se encontrem perto do solo.
- Evitar a formação de uma copa densa que aumente o risco de ataque de cochonilha, que reduza a captação de luz e que torne mais difícil o controle de pragas, a raleadura de frutas e a colheita.
- Não deixar mais do que dois cladódios filhos num cladódio mãe, para maximizar o crescimento dos cladódios.
- Eliminar cladódios que surjam em outros em fase de frutificação.
- Evitar a poda em períodos frios e chuvosos.
- Evitar a poda de verão, a não ser que se queira estimular o crescimento de verão.
- Controlar a altura da planta em 2-2,5 m.

Raleadura das frutas

A fertilidade do cladódios varia de acordo com a temporada (Barbera *et al*., 1991; Nerd *et al*., 1993), sua idade (Inglese *et al*., 1994) e acúmulo de peso seco (García de Cortázar e Nobel, 1992). Os cladódios bem expostos à luz podem produzir em sua borda superior algo com entre 25 a 30 brotos florais que se transformam em frutas, enquanto que os sombreados têm uma baixa frutificação. As frutas em desenvolvimento consomem a maior parte dos nutrientes produzidos pelo cladódio mãe, ao passo que a contribuição da fotossíntese é limitada (8-10 porcento). Um cladódio mãe de tamanho regular (área de 0,10 m^2) pode sustentar o crescimento de não mais do que 5 frutas (Inglese *et al*., 1994c); se chegar a ter dez ou quinze frutas, elas se convertem em pontos de alta demanda de nutrientes dos cladódios subterminais. Durante a fase de crescimento rápido da polpa e de acúmulo de carboidratos, fase essa que antecede a maturação da fruta (Barbera *et al*., 1992a), a contribuição dos cladódios subterminais para o ganho de peso diário da fruta sobe para 40 porcento e 55 porcento, respectivamente, para cladódios com dez e quinze frutas (Inglese *et al*., 1994c). A velocidade de crescimento da fruta e seu tamanho final se reduzem de acordo com a quantidade de frutas por cladódio, sobretudo quando há mais que 6 a 8 frutas (Inglese *et al*., 1994a). Brutsch (1992) e Wessels (188) recomendam que não se mantenham mais do que 9 a 12 frutas por cladódio, a fim de aumentar o tamanho da fruta na colheita, enquanto que Inglese *et al*. (1994a), verificaram que, frutas com tamanho exportação (120 g), podem ser produzidas se forem deixadas menos de seis unidades por cladódio. Cladódios com mais de dez frutas apresentam uma maturação irregular e atrasada, o que reduz a eficiência da colheita.

As épocas de eliminação ou raleadura de frutas vão desde a floração até duas semanas depois da rebentação da fruta. A raleadura prematura exige mais tempo porque os brotos florais são de tamanho pequeno, ao passo que a eliminação das frutas três ou quatro semanas depois da rebentação reduz o efeito da raleadura (Inglese *et al*., 1994a).

SCOZZOLATURA E COLHEITA FORA DE ÉPOCA

Na Itália a palma forrageira floresce uma vez por ano, isto é, de fim de maio a início de julho. sob esse aspecto as espécies diferem das do Chile, Israel e Estados Unidos, onde se relatou o aparecimento de uma segunda floração (Curtis, 1977; Nerd *et al*., 1991; Sudzuki *et al*., 1993).

O cultivo da palma forrageira na Itália se baseia numa colheita tardia da fruta, obtida por se forçar a planta a produzir uma segunda floração. Removendo-se as flores e cladódios durante a floração do ciclo da primavera, obtém-se uma segunda floração cerca de 30-40 dias depois. Dessa maneira, no hemisfério norte se consegue frutas maiores e com uma relação sementes-polpa menor que nas frutas de verão. Essas frutas de segunda floração são colhidas em outubro-novembro. No hemisfério sul elas são colhidas em março-abril, de acordo com a época em que se elimina o ciclo da primavera.

A eliminação do ciclo da primavera (ECP) é feito entre fim de maio e a última semana de junho, no hemisfério norte, e em outubro no hemisfério sul, quando ocorre a floração principal. A época da eliminação afeta a intensidade da refloração, o desenvolvimento da fruta e a época da colheita (Barbera *et al*., 1991). Uma eliminação da pré-floração resulta na máxima intensidade de refloração, ao passo que a eliminação depois da queda das pétalas reduz a floração em cerca de 50 a 70 porcento. As frutas da pré-floração têm o período de desenvolvimento mais curto e amadurecem 15 a 20 dias mais cedo que as da floração plena e 30 a 40 dias mais cedo que as da pós-floração.

Se as temperaturas não são suficientemente altas (<14ºC), as frutas de inverno são maiores, porém esponjosas, com a casca grossa e quebradiça, com baixo teor de açúcar e pouca coloração; algumas vezes elas não amadurecem até a primavera seguinte. Com uma programação adequada de ECP é possível prolongar o período de colheita das frutas, o que poderia ser útil para evitar problemas de colheita e de mercado relacionados com o comportamento deficiente da fruta na armazenagem. A quantidade de cladódios produzidos depois da *scozzolatura* é de 10 a 40 porcento menor que a do ciclo da primavera, enquanto que a intensidade da refloração depende das condições ambientais. Para melhorar a refloração, em solos leves com baixa umidade deve-se fazer a rega no momento da ECP. O índice de refloração, definido como sendo a relação entre a brotação das segundas e das primeiras flores (FII / FI), varia de 0,71 / 1,0 no caso da eliminação da pré-floração até 0,5 / 0,3 no caso da eliminação pós-floração. A carga do segundo ciclo em cada cladódio se relaciona com a carga do primeiro por uma regressão quadrática. Os cladódios com 6 a 13 flores no ciclo da primavera são os que representam a maior parte do rendimento da planta (Figura 19), tendo o melhor potencial de refloração (Figura 20). Por outro lado, depois da *scozzolatura* não devem ser deixados na planta mais que 25 porcento dos cladódios surgidos no ciclo da primavera do ano corrente. Uma percentagem maior reduz a intensidade da refloração e estimula a alternância de colheitas. A *scozzolatura* não deve ser aplicada antes que a plantação complete três a quatro anos de idade. Os cladódios e as flores devem ser eliminadas bem cedo pela manhã, quando os gloquídios estão molhados.

Nerd *et al*. (1993) obtiveram em Israel uma segunda floração como resultado de uma irrigação e fertilização extensiva (100 mm de água e 120 kg/ha N) aplicadas após a colheita principal de verão. As plantas floresceram novamente em outubro-novembro em cladódios do ano corrente e se obtém uma segunda colheita entre dezembro e março. Apesar dessa colheita ser menor que a de verão (20-30 porcento) e as frutas terem um percentual de polpa menor. As frutas fora de época são muito apreciadas no mercado e alcançam preços mais altos que as colhidas no verão. Essa técnica é viável em áreas em que as temperaturas de inverno são suficientemente altas para o desenvolvimento da fruta.

MANEJO DO SOLO

O controle de ervas daninhas é indispensável. Elas competem eficientemente por água e nutrientes com o sistema radicular superficial da palma forrageira, principalmente nas fases prematuras de desenvolvimento da planta. As plantações jovens poder se tornar totalmente perdidas se não se controlar adequadamente as ervas daninhas.

Todavia, o cultivo do solo deve se restringir a um mínimo, para evitar danos ao sistema radicular superficial que a palma forrageira tem. Em áreas com chuvas de inverno, em que as ervas daninhas crescem ativamente desde novembro até fins da primavera, pode-se fazer o seguinte: a) o solo pode ser trabalhado em dezembro-janeiro para incorporar fertilizantes (se é que se fertiliza nessa época) e em abril para incorporar o produto da poda; b) o solo pode ser deixado intacto até abril, quando a raiz e a copa reiniciam seu crescimento e as ervas daninhas competem mais. Para evitar danos às raízes e conservar a estrutura do solo, pode-se cortar as ervas daninhas e deixá-las como cobertura do solo para manter a umidade e reduzir seu novo surgimento. No verão, o solo deve ser trabalhado levemente com um escarificador superficial ou uma enxada rotativa para reduzir a perda de água. A eliminação manual de ervas daninhas entre palmas forrageiras conduzidas como arbustos é muito difícil e esse sistema torna o trabalho mecânico perto das plantas muito difícil.

O controle químico de ervas daninhas é cada vez mais difundido, utilizando-se, para essa finalidade, Paraquat e Glifosato (20 g/l), devendo-se ter cuidado durante a aplicação, porque os cladódios são muito sensíveis a danos por herbicidas. Felker e Russell (1988) pesquisaram o efeito de um grupo de herbicidas e determinaram o efeito negativo das ervas daninhas sobre o crescimento da *Opuntia*. Dentre os herbicidas examinados, o esterilizante de solo tebutiuron (2-4 kg/ha) e o hexazinone apresentaram o maior potencial para reduzir a concorrência de ervas daninhas por vários anos depois do tratamento.

FERTILIZAÇÃO

Até o presente momento a fertilização da palma frutífera tem sido negligenciada e as informações científicas e técnicas a seu respeito são muito limitadas. Para a produção das frutas utilizam-se, tanto o esterco, quanto fertilizantes.

No Chile, em plantações jovens recomenda-se a aplicação de 10 kg de esterco por planta juntamente com 250 g de sulfato de amônia, 200 g de superfosfato e 100 g de sulfato de potássio. As quantidades aumentam com a idade do pomar e, às plantas em frutificação, são adicionados 15 kg de esterco, 350 g de N, 300 g de superfosfato e 200 g de sulfato de potássio. Mondragón e Pimienta (1990) recomendam, para plantas de um ano de idade, quantidades menores de esterco (6 kg por planta) e mais 150 g de sulfato de amônia, 100 g de superfosfato e 100 g de sulfato de potássio que devem ser aplicados às plantas mais adultas em maio-junho. Os mesmos autores sugerem a aplicação de 60 kg/ha de N, 20 kg/ha de P_2O_5 e 20 kg/ha de K_2O, complementados com 6 ton/ha de esterco de galinheiro ou 9 ton/ha de esterco bovino. A quantidade de nitrogênio chega a 1 kg por planta em plantações com mais de 20 anos de idade. Monjauze e Le Houérou (1965) relataram um aumento no rendimento, relacionado com o esterco (272 porcento) e com a fertilização com 20 kg/ha de NPK. Os mesmos autores sugerem uma fertilização de fundação com 20 a 30 ton/ha de esterco, 100 kg/ha de P e 20 kg/ha de N, seguido de 50 a 100 kg/ha de N e 50 kg/ha de P durante os três primeiros anos depois de iniciada a plantação. Na Itália, a fertilização com 50 kg/ha de N, 80 kg/ha de P e 100 kg/ha de K é aplicada durante o inverno (novembro a fevereiro); o N também é aplicado duas vezes durante o PDF (60 kg/ha). No inverno se aplica uréia, para a fertilização com N, e o nitrato de potássio, nitrato de amônia ou sulfato de amônia são aplicados com a rega durante o PDF.

Em Israel se aplica a fertilização com irrigação durante todo o ano e o N (120 kg/ha) é aplicado depois da colheita de verão, o que produz uma nova brotação no outono (Nerd *et al*., 1991, 1993). Essa fertilização combinada com irrigação extensiva não resulta em aumento da colheita no verão seguinte. Uma maior concentração de N no cladódio frutífero se reflete num aumento em compostos solúveis reduzidos de N e na produção de brotos florais. Nem o potássio, nem o fósforo foram correlacionados com a presença de brotos florais do outono (Nerd *et al*., 1993).

A concentração de nutrientes nos cladódios varia com a idade, posição, carga de fruta e época. A concentração de nitrogênio varia 0,8 a 2,2 porcento, com os valores mais altos em cladódios jovens. concentrações mais altas podem resultar num crescimento vegetativo exagerado, menor frutificação, atraso da maturação e fruta menos colorida. As concentrações de potássio e fósforo chegam a valores de 0,8 a 3,5 porcento e de 0,06 a 0,2 porcento, respectivamente. Gathaara *et al*. (1990) verificou que a fertilização com P e N é benéfica para a produção de plantas jovens de *O. englemanni* no primeiro ano.

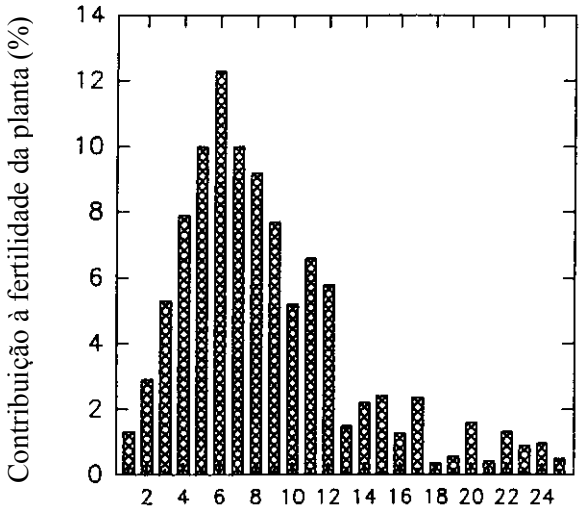


Figura 19. Contribuição dos cladódios ao rendimento frutífero total da planta em relação à produtividade isolada do cladódio.

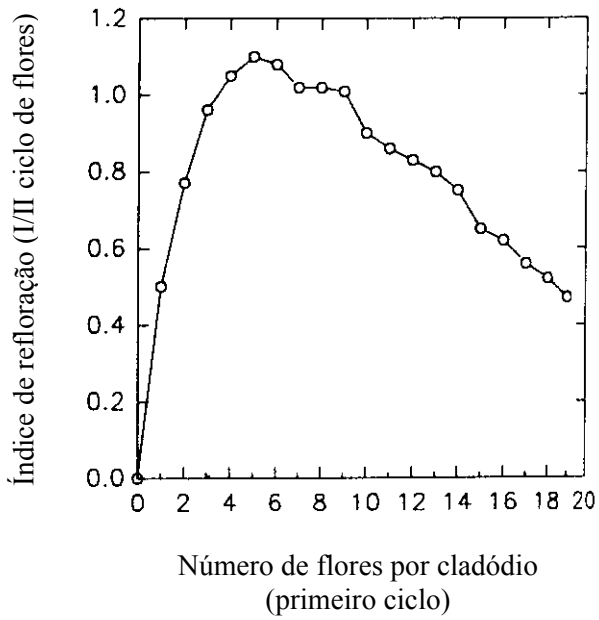


Figura 20. Índice de refloração em relação ao ciclo da fertilidade.

REGA

A palma forrageira é uma espécie que tolera a seca e sua eficiência no uso da água é das mais altas (Nobel, 1988). Não obstante, é comum a rega em áreas com uma temporada seca no verão e onde são cultivadas espécies de maneira intensiva para a produção de frutas, sobretudo em Israel, Itália e Chile. Tanto a fertilidade do cladódio, como o crescimento da fruta se beneficiam com a rega.

Barbera (1984) relata que 2 a 3 regas (60-100 mm) aplicadas durante o desenvolvimento da fruta aumentam o rendimento, o tamanho da fruta e o percentual de polpa.

Em áreas com chuvas de verão não se rega e uma precipitação de verão de 300 a 600 mm é suficiente para garantir altos rendimentos e um desenvolvimento regular da fruta. Todavia, é recomendável uma rega leve no início do verão ou durante a primeira expansão da fruta, principalmente em solos leves, para evitar variações drásticas em sua umidade, o que poderia provocar rachaduras nas frutas (Wessels, 1988).

Nerd *et al*. (1989) relataram que, em áreas onde a chuva anual é inferior a 300 mm, a suspensão da rega no inverno reduz consideravelmente a fertilidade dos cladódios e atrasa a brotação da primavera. Sob essas condições, a rega por gotejamento com volumes diários baixos (1-2 mm/dia) garante altos rendimentos e crescimento da fruta. A rega (100 mm) é essencial para a refloração depois da colheita de verão, conforme se informa neste capítulo.

Os métodos tradicionais de rega, como através de bacias parece inadequado. O sistema radicular superficial da palma forrageira e a alta permeabilidade dos solos onde é cultivada não permitem que a rega por bacias seja adequada, porque haveria uma lavagem de água e de nutrientes. Só se deve regar duas ou três vezes durante o período de seca, a rega através de regos pode ser mais fácil e simples. O uso de microaspersores localizados, que cobre uma ampla área com pequenos volumes de água, é adequado para as características do sistema radicular da palma forrageira. A rega por gotejamento pode ser uma boa solução, mas pode resultar numa lavagem de nutrientes e putrefação de raízes se não for manejada corretamente. O nível de NaCl na água de rega não deve exceder 25 moles/m^3. O Na se acumula principalmente nas raízes (Nerd *et al*., 1991), ao passo que, utilizando-se água salgada, o teor de Cl aumenta tanto nas raízes, quanto nos cladódios (Hatzmann *et al*., 1991; Nerd *et al*., 1991).

COLHEITA

A fruta da palma forrageira é muito delicada e requer cuidados na colheita e no manuseio pós-colheita. O PDF está entre 70 e 150 dias, dependendo da cultivar, do ambiente e da época de produção (Brutsch, 1979; Inglese *et al*., 1994; Kuti, 1992; Nerd *et al*., 1989; Pimienta, 1990). As frutas que amadurecem no inverno têm um PDF maior que as frutas de verão. Nas frutas há um rápido acúmulo de açúcares e um rápido aumento no tamanho da polpa, oito a nove semanas depois da rebentação. Nessa fase a casca ainda está verde, mas a polpa já apresenta determinada cor, conforme a variedade (Barbera *et al*., 1992a).

Foram propostos diferentes parâmetros para definir a época da colheita: desde a profundidade do receptáculo ao teor de sólidos solúveis totais (SST) e a cor da casca. O teor de SST aumenta rapidamente quando a polpa começa a crescer (40-50 dias após a rebentação). Quando a cor da casca começa a mudar, o teor de SST é de 85 a 90 porcento do teor de uma fruta madura. Quando a cor da casca está a meio caminho da que atingirá na maturação, o teor de SST chega a valores de 12 a 15 porcento, dependendo do cultivar. É nessa fase que se atinge a melhor qualidade da fruta para consumo fresco ou para armazenagem. Os mesmos valores de teores de SST foram obtidos em frutas que amadurecem em diferentes condições ambientais (Barbera e Inglese *et al*., 1993; Nerd, 1989). Os teores de SST aumentam ligeiramente nas frutas completamente maduras, mas nessa fase elas já não se encontram em condições adequadas para armazenagem e são muito delicadas para o manuseio. A maturação não é simultânea em termos de cladódios, ou seja, ela pode durar de 20 a 40 dias ou mais; esse comportamento reflete a brotação e a floração não uniforme nessas espécies. As frutas são colhidas manualmente, usando-se luvas grossas e óculos de proteção para evitar lesões pelos "gloquídios". Recomenda-se iniciar a colheita pela manhã cedo, quando os gloquídios estão úmidos e presos à fruta. Na África do Sul as frutas são manuseadas com um vaso

apanhador e cortados com uma tesoura de poda. O corte deve incluir uma pequena parte do cladódio mãe para evitar uma perda rápida de peso da fruta e para manter a viabilidade de armazenagem. Imediatamente após a colheita, a fruta é selecionada de acordo com seu tamanho e escovada para remover os gloquídios. O tamanho da fruta está entre 70 e 250 g, dependendo da cultivar, da carga de frutas no cladódio e das condições ambientais durante o PDF. As frutas para exportação devem ter mais de 120 g e uma percentagem mínima de polpa de 60 a 65 %.

PRODUTIVIDADE

A produtividade das opuntias cultivadas para a produção de frutas é muito variável, mas é maior que a maioria de seus concorrentes nas áreas semi-áridas com recursos hídricos limitados (amêndoa, uva, azeitona, pistácia). Em Israel (Nerd e Mizrahi, 1993) e na Itália (Barbera e Inglese, 1993) foram registradas 15 a 25 ton/ha, com rendimentos baixos no Chile (6-15 ton/ha) (Sudzuki *et al*., 1993) e no México (4-10 ton/ha) (Pimienta, 1990). Na África do Sul, Wessels (1988) informa sobre produções de 10 a 30 ton/ha com máximos de 33 ton/ha obtidas em lotes experimentais. Essa grande variabilidade de rendimentos depende mais do projeto e manejo do pomar, que das limitantes ambientais predominantes.

A produtividade varia no pomar e na planta e há informações de que, no caso da *O. ficus-indica*, há alternância de colheitas (Barbera *et al*., 1991; Brutsch, 1979; Pimienta, 1990). Não está definido se esse comportamento depende do manejo, do cultivar ('Rossa' alterna mais que 'Gialla'), da idade da planta ou de interações competitivas entre o crescimento vegetativo e reprodutivo ou a indução de brotos florais. Barbera *et al*. (1991) descobriu que as plantas alternantes nos anos sem colheita tinham a mesma quantidade de cladódios de um ciclo que as plantas com colheita, mas a maioria desses cladódios era infértil. As diferenças no material utilizado para a plantação, que se reflete no desenvolvimento da raiz e da copa, é a causa das diferenças de rendimento potencial durante os primeiros quatro a cinco anos (Brutsch, 1979). A planta começa a produzir rapidamente depois de plantada (um a dois anos), mas se recomenda a eliminação das frutas nessa fase para estimular o desenvolvimento da copa. Uma planta madura pode produzir 30 a 70 kg de frutas tamanho exportação. A produtividade é função do número de cladódios férteis de um ano, da fertilidade dos cladódios, da raleadura das frutas e do tamanho das frutas. Uma produção anual de 20 ton/ha com uma fertilidade dos cladódios de 6 a 8 frutas e uma média de peso de 120 g por fruta, necessita de 20.000-28.000 cladódios férteis por hectare (Figura 21a). Isso significa a necessidade de 70 a 100 cladódios férteis por planta tipo arbusto espaçadas de 7 x 5 m ou então, 12 a 17 cladódios férteis por planta em pomar tipo cerca-viva de alta densidade com plantas espaçadas de 4 x 1,5 m (Figura 21b). Qualquer aumento adicional no rendimento depende de uma maior quantidade de cladódios férteis e não de um aumento da fertilidade do cladódio.

A refloração natural ou induzida artificialmente (Barbera *et al*., 1991; Brutsch e Scott, 1991; Nerd *et al*., 1993; Sudzuki *et al*., 1993), bem como o comportamento dos diferentes cultivares (Pimienta, 1990) torna possível a obtenção de 2 a 3 colheitas ao longo do ano e com o mesmo clima (Figura 22). A colheita fora de época geralmente tem mais valor que a colheita principal.

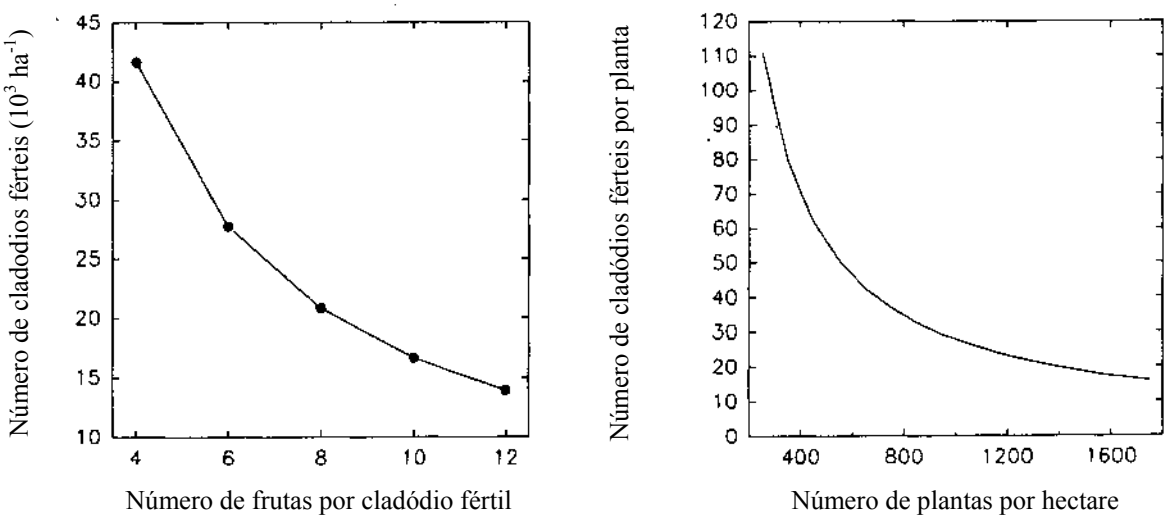


Figura 21. Quantidade de cladódios férteis necessários para produzir 20 ton ha^{-1} de frutas (120 g) em relação à fertilidade do cladódio (a) e à densidade do pomar, considerando a fertilidade do cladódio de 6 frutas (b).

Figura 22. Períodos de colheita das frutas de *Opuntia* sp. cultivadas no mundo.

Mês	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
PAÍS:												
Chile		mmmmmmm					wwwwwww					
Israel		wwwwwwwww				mmmmmmmmmm				aaa		w
Itália							mmmmmmmm			aaaaaaaaaa		
México						mmmmmmmmmmmmmmmmmm						
Norte da África							mmmm					
África do Sul	mmmmmmm			aaaaaa								
Estados Unidos	mmmmmmmmmmmmm							mmmmmmmmmm				

m = colheita principal; a = colheita de outono; w = colheita de inverno
Fonte: diversas.

PRODUÇÃO, INDUSTRIALIZAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA

por **C. A. Flores Valdez**

Universidad Autónoma Chapingo, México

INTRODUÇÃO

O México é o principal centro de diversidade de *Opuntia* (Bravo, 1978). Nesse país a utilização das espécies e variedades de *Opuntia* é diversificada: fruta, verdura e forragem; cercas-vivas para casas, jardins e parcelas agrícolas; proteção do solo; planta medicinal; matéria prima para a indústria de cosméticos, além de se ter obtido, em nível experimental, frutose, pectina, corante, etc. Também se utiliza a cochonilha, inseto que se alimenta dos cladódios e é usado como corante vermelho. Este capítulo apresenta um panorama sobre a produção, processamento industrial e mercado da verdura de palma forrageira no México.

PRODUÇÃO DE VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA NO MÉXICO: PASSADO E PRESENTE

O uso da palma forrageira no México considera o desenvolvimento de três sistemas de produção: palmais nativos selvagens, hortas familiares e plantações comerciais (Sodi, 1964; Flores Valdez, 1992b).

Palmais nativos selvagens

O aproveitamento de plantas selvagens de palma forrageira data de 25.000 anos, quando o homem chegou ao território que hoje se conhece como o México. Esses primeiros habitantes eram caçadores e colhedores e, seguramente, usaram a palma forrageira (suas frutas e sua verdura) em sua dieta. A evidência mais antiga da presença humana (13.000 anos) se encontra em Tepexpan, Estado do México, através dos restos de um homem que caçava mamutes. Mais evidências foram encontradas nas escavações de Tamaulipas e Tehuacán, Puebla, que datam de 7.000 anos. Nesses locais foram encontradas sementes e cascas de frutas fossilizadas, bem como fibras de caules em cavernas habitadas por humanos.

Estima-se que, dos 13 milhões de hectares de cerrado crassicaule existentes no México, 3 milhões estejam densamente ocupados por comunidades selvagens de palma forrageira. Os cladódios jovens de uma grande gama de espécies selvagens são utilizados, durante a temporada primavera-verão, para consumo humano nos estados do centro e norte do país. Esse tipo de exploração, no entanto, fica limitado ao consumo doméstico, isto é, essa verdura quase nunca é comercializada. Uma exceção se apresenta em San Luis Potosí, onde a verdura de *O. robusta* Wendl é colhida de populações selvagens num raio de 120 km ao redor da cidade durante a temporada março-junho. Os cladódios jovens são colhidos, limpos (eliminação dos espinhos e dos gloquídios), pesados e embalados em sacos de fio plástico ou "ixtle" para serem levados, ou a mercados, onde são vendidos no estado fresco, ou (na maioria dos casos) a cinco empresas de San Luis Potosí para

serem processados, embalados (em frascos ou latas) e exportados ou, em alguns casos, distribuídos no mercado nacional. O volume processado varia de 2.000 a 3.000 ton por ano (Reyes, 1993).

Hortas familiares

No México, a agricultura começou há 4.500 anos com a domesticação do milho, do feijão, da abóbora, da pimenta, da macela, etc. Ao mesmo tempo, o homem começou a selecionar plantas selvagens que chamavam a atenção, entre as quais estava a palma forrageira, para plantá-las perto de sua casa. Foi assim que tiveram início as hortas familiares em todo o México e que, ainda hoje, produzem verdura para autoconsumo e para venda nos mercados de povoados e cidades pequenas.

Nas hortas familiares das áreas rurais ocasionalmente se cultiva a palma forrageira em forma de cerca-viva. Os cladódios são consumidos durante o período do brotação (primavera). A importância desse sistema está na grande diversidade genética que oferece, já que essas plantas se cruzaram e se selecionaram durante um longo período. As variedades comerciais surgiram das hortas familiares. É quase impossível estimar-se a área ocupada por palma forrageira em hortas familiares.

Plantações comerciais

Devido ao crescimento da população, bem como em razão da maior capacidade de compra, a demanda por verdura de palma forrageira cresceu muito e a produção das hortas familiares tornou-se insuficiente. Por volta de 1950 os produtores de Milpa Alta no Distrito Federal selecionaram as melhores variedades dessas hortas para plantá-las em lotes agrícolas. Assim começou o sistema de plantações comerciais.

Essas plantações abrangem 10.000 ha e abastecem quase que totalmente os mercados nacionais e estrangeiros com verdura de palma forrageira.

MANEJO TÉCNICO

Com base em vários artigos (García, 1972; Grajeda, 1978; Flores Valdez, 1992a; Flores Valdez, 1993), são apresentados os distintos aspectos do cultivo da palma forrageira para a produção de verdura, desde a preparação do terreno até a embalagem e a comercialização.

Preparação do terreno

Depois de remover arbustos, ervas daninhas e resíduos de culturas anteriores, começa a preparação do solo. Na maioria das regiões isso é feito com um trator, um arado e uma ou duas passagens de grade. Em alguns casos são usados implementos com tração animal. Em outros, onde o terreno é irregular, a preparação é feita com enxada. Em algumas operações se utiliza o rotocultivador, que deixa o solo macio e solto. Nas regiões em que se utiliza a rega, a terra é nivelada. Em todos os casos, o objetivo da preparação do solo é de deixá-lo fofo, de tal maneira que permita um bom desenvolvimento radicular durante as primeiras fases do cultivo.

Traçado da plantação

Os sulcos para o cultivo tradicional e os canteiros para o cultivo intensivo são implantados com ajuda de uma trena, barbante e estacas. Se possível, a plantação terá uma orientação norte-sul (os cladódios com suas faces voltadas para leste-oeste).

Variedades

São inúmeras as variedades de verdura produzidas em plantas selvagens e em hortas familiares. A seguir são mencionadas algumas utilizadas em plantações comerciais e os estados em que são cultivadas. A "Milpa Alta" (classificada como *O. ficus-indica* L.) é a variedade mais importante do país em termos de área cultivada e de volume de produção que chega ao mercado. Ela é cultivada no Distrito Federal e no município de Tlalnepantla, Morelos. A "Copena V1" foi desenvolvida pelo Dr. Facundo Barrientos nos anos sessenta, se caracteriza por não ter espinhos, ser suculenta, ter uma cor verde intensa, um bom sabor e baixa acidez e se cultiva nos estados de Hidalgo, México, Guanajuato e Baixa Califórnia. A "Copena F1" foi selecionada para a produção de forragem; ela produz uma grande quantidade de cladódios jovens de boa cor, sem espinhos e com pouca mucilagem e é cultivada para a produção de verdura nos estados de México, Tlaxcala, Puebla e Baixa Califórnia. As variedades "preta" e "branca" são cultivadas nas imediações de Uruapan, Michoacán; além de abastecer o mercado local, elas são comercializadas em Guadalajara, Jalisco e, depois, enviadas a lugares mais distantes, como Tijuana, Baixa Califórnia. A "Tamazunchale" é cultivada em regiões tropicais e montanhosas em Tamazunchale, San Luis Potosí; ela pertence ao gênero *Nopalea* e tem cladódios alongados com uma película grossa e poucos espinhos. Há outras variedades de importância regional, como a "Moradilla" no Vale de Texcoco, a "Atlixco" em Puebla e a "Polotitlán" na parte norte do estado do México. Essas variedades ainda não foram avaliadas.

Plantação

Em quase todas as regiões produtoras de verdura se planta fazendo-se ma cova com a pá. Coloca-se a planta verticalmente na cova e se cobre com terra até um terço ou metade do cladódio (10-15 cm). As faces planas do cladódio devem ser orientadas no sentido leste-oeste para permitir um bom crescimento radicular e prevenir a queimadura pelo sol.

Os principais sistemas comerciais adotados são: a) o tradicional e b) o de canteiros. No sistema tradicional as plantas de palma forrageira são cultivadas em sulcos de 1 a 1,5 m de distância. Deixam-se as plantas, espaçadas de 0,25 a 0,5 m, crescerem até 1,00 a 1,50 m (na fileira se forma uma cerca-viva). As densidades variam de 15.000 a 40.000 plantas por hectare, embora o mais comum sejam 17.000 plantas por hectare. O sistema de canteiros é um sistema intensivo desenvolvido em Chapingo, Estado do México, nos anos 70 que foi bem aceito pelos produtores para a produção de verdua no inverno. O sistema consiste de canteiros com 1,20 a 2,00 m de largura, com vias de 1,00 a 1,50 m entre canteiros. O comprimento varia de 40 a 47 m. Os cladódios maduros adultos são plantados em intervalos de 5 cm entre si e em fileiras distanciadas de 20 a 30 cm. A densidade varia de 120.000 a 160.000 plantas por hectare. Usando-se esse sistema, se obtêm brotos de verdura com os primeiros cladódios; quando muito, permite-se que se desenvolvam um ou dois cladódios em cada planta (das quais são obtidas as colheitas posteriores). Com esse sistema é possível colocar-se um túnel de plástico sobre o canteiro durante os meses de inverno, a fim de se reduzir o risco das geadas e se produzir a verdura quando os preços estão em alta.

Fertilização

Na produção de verdura são utilizadas grandes quantidades de matéria orgânica. Em plantações tradicionais, os caminhos são cobertos com 10 a 15 cm de esterco (geralmente bovino) a cada dois ou três anos. Muitos produtores também aplicam fertilizantes químicos (normalmente uréia ou sulfato de amônia) de uma a três vezes por ano. Em sistemas intensivos o esterco é aplicado

anualmente; a quantidade varia entre 100 e 200 ton/ha, enquanto que de fertilizante químico se aplica de 100 a 200 kg/ha de N e de 80 a 100 kg/ha de P.

Aspersão

As regiões com as maiores áreas de cultivo de verdura, Milpa Alta, D.F. e Tlalnepantla, Morelos, geralmente não aplicam a aspersão. Por outro lado, há regiões, como Mexicali e Valles de la Costa na Baixa Califórnia, onde a aspersão é necessária. Em Chapingo, sob sistema intensivo, obteve-se um aumento de 10 a 25 porcento no rendimento mediante a aplicação de 100 mm de água por mês durante o período de seca.

Controle de pragas e doenças

As palmas forrageiras cultivadas para a produção de verdura são afetadas por uma grande número de pragas e doenças, embora a maioria dos casos não sejam muito sérios. a exceção à regra ocorre em Tlalnepantla, Morelos, onde a umidade relativa é alta, não há geadas e existe uma forte presença de pragas e doenças. Para enfrentar esse problema, os produtores aplicam maciçamente pesticidas, muitos dos quais têm restrições de uso no México e são proibidos nos Estados Unidos, o que dificulta a exportação de verdura fresca ou processada. Outro problema é o do engrossamento dos cladódios, causado por um vírus ou um micoplasma, cujo meio controle ainda não foi encontrado (Pimienta, 1974).

Práticas culturais e controle de ervas daninhas

Considerando as densidades com que as palmas forrageiras são cultivadas nos sistemas tradicionais e intensivos, não é possível trabalhar com trator ou implementos de tração animal. A limpeza de ervas daninhas é feita manualmente com enxada no sistema tradicional e com enxadeco no sistema intensivo. Alguns produtores utilizam herbicidas e o uso de grandes volumes de esterco dificulta a brotação de ervas daninhas.

Prevenção contra geadas

Em plantações tradicionais quase nenhum produtor utiliza aquecedores para prevenir danos por geadas. Nos canteiros dos sistemas intensivos são utilizados túneis de plástico; eles constam de uma estrutura feita com ferros em forma de arco, raio de 1,5 m, espaçados de 2 m, sendo a estrutura coberta com uma película de polietileno.

Poda

Nos sistema tradicionais, a poda de formação é feita anualmente para limpar os caminhos e manter as plantas com pouca altura. No período de maior produção, os produtores cortam os cladódios terminais pela metade para interromper a produção de verdura e permitir que a planta acumule reservas para o outono e o inverno (quando os preços sobem). Muitos produtores produzem somente na metade ou em um terço ou em um quarto da área de cultivo da palma forrageira nos períodos de preços baixos, mantendo o resto da área em descanso.

Colheita

Os cladódios pequenos devem ser colhidos 30 a 60 dias depois de brotar, quando estiverem pesando entre 80 e 120 g e tiverem um comprimento de 15 a 20 cm. Alguns produtores colhem puxando e torcendo os cladódios, mas esse procedimento pode produzir danos e putrefação. A maioria dos produtores usa uma faca para cortar os cladódios (Cantwell, 1992; Corrales, 1992). Cortando-se a base do cladódio, provoca-se putrefação e a duração do produto após a colheita é curta, mas cortando-se na união entre o cladódio "suporte" e o cladódio "verdura" ajuda a postergar a deterioração. Para fins de exportação, recomenda-se que o corte seja efetuado de tal maneira, que uma parte do cladódio "suporte" acompanhe o cladódio "verdura". Essa parte seca e cai depois de alguns dias. Na prática conserva os cladódios por mais tempo, contudo o efeito sobre as colheitas posteriores ainda não foi devidamente avaliado.

Produção

A produtividade em Milpa Alta varia de 80 a 90 ton/ha e ano, com fortes variação ao longo do ano (maior produção na primavera e no verão, menor produção no outono e no inverno). Isso afeta os preços pagos por volume (Tabela 10). O produtor de Tlalnepantla tem uma despesa de US$ 22.45 para levar um fardo de verdura para a central de abastecimento da Cidade do México (US$ 10.00 pela colheita e embalagem, US$ 12.00 pelo transporte e US$ 0.45 pelos sacos e cordas). Devido a esses custos, de março a setembro somente os produtores que colhem e embalam utilizando mão de obra familiar e que transportam em veículos próprios continuam atendendo o mercado.

Tabela 10.
Produção mensal de verdura de palma forrageira em Tlalnepantla, Morelos, com preços médios por fardo pagos aos produtores na central de abastecimento da Cidade do México.

Mês	Produção (fardos)	Toneladas por mês (ton/mês)	Preços por fardo (US$)
Janeiro	27	8	182.00
Fevereiro	40	12	106.00
Março	80	24	12.00
Abril	80	24	12.00
Maio	80	24	12.00
Junho	80	24	12.00
Julho	80	24	12.00
Agosto	60	18	14.00
Setembro	60	18	17.00
Outubro	40	12	60.00
Novembro	40	12	106.00
Dezembro	27	12	197.00
Total	**698**	**208**	**-**

Embalagem

No México, a verdura é embalada de diversas formas para ser enviada ao mercado.

Fardos: Esta forma de embalagem é utilizada pelos produtores de Milpa Alta e de Tlalnepantla, que vendem seu produto na central de abastecimento da Cidade do México. Os fardos, com a verdura

bem arrumada têm forma cilíndrica, com 0,9 m de diâmetro e 1,70 m de altura. Eles contêm aproximadamente 3.000 cladódios e pesam cerca de 250 a 300 kg. Para se fazer o fardo utiliza-se um anel de 0,9 m de diâmetro e 0,40 a 0,50 m de altura, usado da seguinte maneira. Coloca-se o anel sobre uma lona de plástico aberta no chão. Dentro do anel coloca-se primeiro uma camada de mato verde; sobre essa camada os cladódios são dispostos de tal maneira, que suas bordas encostem internamente no anel e que cubram as metades dos cladódios da camada de baixo, ou seja, cada camada está defasada de meio cladódio em relação à camada inferior. À medida que o anel vai se enchendo, ele é levantado e girado até o fardo atingir a altura de 1,70 a 1,90 m. Coloca-se, então, outra camada de mato verde e se retira o anel. Em seguida é colocada uma lona de plástico e, com cordas finas, unem-se as lonas superior e inferior com cordas finas, de tal forma que o fardo fique fortemente amarrado com quatro cordas.

Colotes: A verdura é cortada e levada até o limite do sítio em "colotes" (cestas de cipó). Esse sistema é utilizado freqüentemente por muitos produtores de Milpa Alta para levar a verdura até o povoado mais próximo e vendê-la nas ruas ao redor do mercado local.

A granel: Alguns produtores levam a verdura de suas terras até o mercado de Milpa Alta amontoada ou, algumas, vezes, colocada cuidadosamente umas em cima das outras na carroceria de camionetes.

Engradados: Boa parte da produção de verdura, sobretudo de Milpa Alta, é enviada à central de abastecimento da Cidade do México para, em seguida, ser levada a mercados distantes do país nas cidades de Monterrey, Nuevo León, Guadalajara, Jalisco e Torreón Coahuila, etc. Para esses mercados a verdura é embalada em engradados de madeira, o que se faz colocando o engradado no chão e enchendo-o; quando o engradado está cheio, coloca-se um segundo engradado sem fundo sobre o primeiro. Enchido o segundo engradado, ele é retirado, a verdura é coberta com papel (de sacos de ração animal) e o conjunto é amarrado com uma corda fina.

Arpillas: Os colhedores de San Luis Potosí e Zacatecas, que abastecem as indústrias processadoras de San Luis Potosí, catam os cladódios de palmas forrageiras selvagens. Antes de entregar a verdura, removem os espinhos e o colocam em "arpillas" (sacos de tecido áspero) feitas com fibras de plástico ou "ixtle". Como esse sistema deixa a verdura contaminada por fibras, as indústrias estão cogitando fornecer caixas de plástico aos intermediários.

Limpeza

A maioria das donas de casa do México compra a verdura de palma forrageira sem espinhos e sem gloquídios. Por isso os comerciantes varejistas no mercado as limpam imediatamente antes de vendê-las em pilhas (uma pilha de 12 cladódios é vendida a US$ 0,60). No momento da venda são colocados em sacos plásticos.

Em alguns estados do norte, como Coahuila, durante o período de brotação, os cladódios são colhidos e vendidos já limpos e cortados em forma de retângulo (1 x 2 cm). Em outros lugares, como Sonora, os cladódios são vendidos limpos, cortados e fervidos. Em grandes lojas, como supermercados, além de preparados em salmoura ou vinagre, também são comercializados cladódios inteiros sem espinhos e cortados, acondicionados em sacos plásticos selados. Essas formas de oferta ao público são apresentadas em balcões refrigerados. Mais recentemente também estão sendo oferecidos cladódios pré-cozidos e congelados acondicionados em sacos plásticos.

OFERTA E DEMANDA DE VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA NO MÉXICO

Distribuição geográfica da oferta

A distribuição geográfica da oferta está mostrada na tabela 11. A produção de verdura de palma forrageira se concentra no centro do país. Além dos estados relacionados na tabela, há outros, como México, Sonora e Zacatecas, cada um com menos de 100 ha de plantações para a produção de verdura. Áreas de cultivo menores (inferiores a 50 ha) encontram-se nos estados de Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí, Hidalgo, Tlaxcala e Durango.

Tabela 11.
Área dedicada à produção de verdura de palma forrageira por estado.

Estado	Área (ha)	Estado	Área (ha)
Distrito Federal	7.500	Baixa Califórnia	150
Morelos	450a	Guanajuato	120a
Michoacán	318b	Jalisco	100b
Puebla	251b	Oaxaca	100

a = Informação fornecida por associações de produtores

b = SARH. 1992 a. Anuário estatístico da produção agrícola dos Estados Unidos Mexicanos. T.I. 592 pp.
SARH. 1992 b. Estratégia nacional de médio prazo (1992-1999) para desenvolvimento e promoção das exportações de verdura de palma forrageira.

Distribuição, demanda e oferta durante o ano

Em razão de condições climáticas (temperatura e chuvas), durante o ano há períodos de baixa, média e alta produção. O período de alta produção vai de abril a agosto, a média produção se atinge em março, setembro e outubro e o período de baixa produção vai de novembro a fevereiro. Dessa maneira, em quatro meses a oferta é baixa, em três meses ela é mediana e durante cinco meses ela é alta.

Para prevenir a queda dos preços nos meses de oferta alta (Tabela 12), os produtores deixam parte de suas plantações em descanso e continuam colhendo somente em 20 a 50 porcento de suas terras.

Assim como a oferta, a demanda também tem uma distribuição geográfica e temporal. A demanda de verdura se situa nos estados do centro. No norte e no litoral a demanda é muito menor, apesar de, nos últimos anos, ter aumentado ligeiramente no norte do país. A demanda é uniforme durante todo o ano, embora hajam períodos pontuais de grande demanda (exemplo: durante a Quaresma e no Natal).

Os preços também estão sujeitos a uma distribuição geográfica e sazonal. São baixos na central de abastecimento do Distrito Federal e no mercado de Milpa Alta e tendem a aumentar com a distância entre o centro do país e os pontos de distribuição secundária (Guadalajara, Monterrey, Torreón, etc.). Os preços aumentam mais ainda nos mercados terciários (León, San Luis Potosí, Guanajuato, Zacatecas, etc.).

Há alterações abruptas de preços entre uma temporada e outra, o que é consistente com as flutuações da oferta. Nos meses de alta produção um fardo custa entre US$ 25 e US$ 30, enquanto que no período de baixa produção ele custa entre US$ 230 e US$ 300.

Os fardos (conteúdo de 2.500 a 3.000 cladódios e pesando 250 a 300 kg) vendidos pelos produtores de Milpa Alta e de Tlalnapantla na central de abastecimento do Distrito Federal representam provavelmente 70 porcento do total da produção de verdura do México. Os preços por cento ou por quilo em diferentes centros de distribuição variam de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12.
Preços por quilo de verdura de palma forrageira em diferentes centrais de abastecimento no México 1991-1992 (US$)

Mês	México D.F.	Monterrey N.L.	Guadalajara Jalisco	Aguascalientes Aguascalientes	Torreón Coahuila	Villahermos Tabasco
1991						
Setembro	0.18	0.24	0.21	0.34	0.60	0.41
Outubro	0.44	0.43	0.33	0.47	0.47	-
Novembro	0.72	0.64	0.47	0.67	0.73	-
Dezembro	0.59	0.62	0.42	0.79	0.48	-
1992						
Janeiro	0.41	0.41	0.47	0.52	0.57	0.51
Fevereiro	0.45	0.47	0.56	0.49	0.67	0.56
Março	0.24	0.30	0.31	0.19	0.32	0.66
Abril	0.19	0.23	0.17	0.13	0.30	0.54
Maio	0.98	0.28	0.18	0.24	0.49	0.29
Junho	0.28	0.28	0.19	0.31	0.60	0.32
Julho	0.15	0.24	0.19	0.36	0.60	0.37
Agosto	0.18	0.24	0.19	0.39	0.67	0.33

Demanda internacional de verdura de palma forrageira

Como o consumo de verdura de palma forrageira se restringe à culinária mexicana, a oferta e demanda se limita ao México e a outros países com populações de origem mexicana. Também há demanda nos Estados Unidos e em alguns países europeus e asiáticos, onde a verdura de palma forrageira é consumida esporadicamente em poucas quantidades como alimento exótico.

VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA COMO FORRAGEM

Nas plantações em que se cultiva a palma forrageira para a produção de verdura, obtém-se grande quantidade de cladódios maduros como resultado da poda depois dos períodos em que as plantas foram deixadas em repouso, devido aos preços baixos. Geralmente os cladódios são cortados e removidos do terreno. Algumas vezes eles são cortados e incorporados ao solo entre as fileiras das plantas. Essa prática, no entanto, freqüentemente dá origem a problemas de pragas e doenças, razão porque o uso dos cladódios como forragem é uma boa alternativa.

CONCLUSÕES

No México há uma ampla tradição no cultivo e utilização da palma forrageira. Os usos da palma forrageira evoluíram através do tempo, desde palmais nativos selvagens, passando pela domesticação em hortas familiares e, finalmente, até o manejo de plantações comerciais. A produção de verdura se concentra no centro do México, onde está disponível durante quase todo o ano, exceto nos meses de inverno, quando ocorrem geadas nos planaltos centrais.

A demanda é relativamente uniforme durante todo o ano, com curtos períodos de demanda maior durante a Quaresma e no Natal. A verdura é processada como alimento, como cosmético e como produto medicinal. O processamento da verdura em salmoura e escabeche é o mais importante. A verdura produzida no México pode ser exportada, mas a exportação do produto fresco é problemática devido ao difícil manuseio ou uso, caso não se removam os espinhos. Por outro lado, se os espinhos são removidos, a verdura se oxida rapidamente, a não ser que sejam embalados em sacos selados e resfriados. Para aumentar a exportação de verdura de palma forrageira torna-se necessário fazer uma campanha publicitária que enfatize sua importância como alimento saudável e que reduz o açúcar e o colesterol do sangue. A produção restante e o material podado podem ser utilizados como forragem para o gado.

PRAGAS DA PALMA FORRAGEIRA

por **S. Longo e C. Rapisarda**

Università degli Studi di Catania, Italia

INTRODUÇÃO

Em todas as áreas produtoras, a palma forrageira está sujeita a danos por pragas, o que afeta a produção de frutas. Entre os organismos que atacam a planta, os insetos desempenham um papel importante, em virtude da quantidade de espécies envolvidas e dos danos que podem causar. Por outro lado, outros grupos do reino animal, como moluscos, gastrópodes, pássaros ou mamíferos (sobretudo os roedores) são de pouca importância fitossanitária.

De qualquer maneira, são poucas as espécies do grupo mencionado anteriormente que danificam seriamente as plantas de palma forrageira, não sendo necessárias medidas de controle químico específicas nas plantações. Isso é importante na medida em que se pode colher frutas com pouco ou nenhum resíduo tóxico, o que é muito apreciado pelo mercado e pelos consumidores.

Nas páginas seguintes são apresentadas breves informações sobre as principais espécies de pragas da palma forrageira conhecidas no mundo, dentro de cada grupo zoológico.

INSETOS

Uma grande variedade de insetos, composta de 122 espécies, é o que se conhece atualmente como vivendo em plantas do gênero *Opuntia* Miller (Mann, 1969; Zimmermann *et al*., 1979). Algumas espécies mostram um comportamento quase polífago, tendo uma ampla faixa de hospedeiras dentro do mesmo gênero de *Opuntia*. Esse é o caso das pragas mais perigosas da palma forrageira, como a polia ficitídea *Cactoblastis cactorum* (Berg), registrada em 29 plantas hospedeiras (Moran, 1980), a cochonilha *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), em 26 plantas hospedeiras (Moran, 1980) e o diaspídio *Diapsis capitata* (Weidemann), cujas larvas vivem nas frutas de uma grande quantidade de espécies vegetais (White e Elson-Harris, 1992).

A seguir apresentam-se algumas breves informações a respeito das pragas mais perigosas e mais difundidas da *O. ficus-indica*, inclusive informações sobre as possibilidades de seu controle.

Thrips (*Thrysanoptera Tripidae*)

Nesse grupo cumpre mencionar a *Neohydatothrips opuntiae* (Hood), um inseto pequeno, cujos adultos têm um comprimento de cerca de 1 mm, têm cor branco-amarelada com marcas marrons e um ventrículo ligeiramente avermelhado. Nas fases jovens têm uma cor amarelo-avermelhada.

Há informações de que no México se desenvolve principalmente durante a época de seca, resultando numa única geração. Ataca os cladódios e as frutas pequenas, causando deformações e manchas prateadas. Como resultado do ataque, os cladódios jovens secam e as frutas infestadas se depreciam.

Informa-se que a *N. opuntiae* ocorre exclusivamente nas áreas sudoeste dos Estados Unidos (Arizona, Califórnia, Novo México) (Nakahara, 1988) e no México (Pimienta, 1990). Nas áreas de sua ocorrência não são relatados danos sérios pelo inseto, de modo que não se tornam necessárias medidas específicas para seu controle. Na Sicília (Itália) foram observadas ocasionalmente certas alterações nos cladódios jovens, o que provavelmente se deve a thrips (Longo, observação pessoal).

Percevejos (*Hemiptera Coreidae*)

Uma grande quantidade de percevejos das cactáceas que vivem na *Opuntia* sp. pertence ao gênero *Chelinidea* Uhler. Em seus habitats naturais esses insetos são muito agressivos em relação a suas plantas hospedeiras, sendo menos prejudiciais em áreas fora de seu habitat natural, como em países em que foram introduzidos para o controle biológico de insetos na palma forrageira e onde mostraram muita propensão a serem deslocados por outros insetos importados.

A *Chelinidea tabulata* (Burmeister) é o mais representativo desses percevejos. Trata-se de uma espécie de tamanho médio a grande, com machos medindo de 12,5 a 15,0 mm e fêmeas de 15,5 a 16,0 mm de comprimento; a largura do úmero é de 4,2 a 5,0 mm nos machos e de 5,0 a 5,8 mm na fêmeas. Ambos os sexos têm cor amarela palha a vermelho com pontos escuros.

A atividade reprodutiva da *C. tabulata* normalmente tem início durante a primavera, quando a temperatura começa a subir. No México as densidades máximas são atingidas entre junho e agosto (Pimienta, 1990) e no outono os adultos procuram refugiar-se para juntar-se durante o inverno.

Tanto os adultos, quanto as fases pré-imago desse percevejo sugam a seiva da palma forrageira, causando manchas circulares de cor clara na epiderme, que, posteriormente, se endurece e racha. Quando a infestação é muito forte, as plantas podem crescer pouco e reduzir sua produção.

Segundo Herring (1980), a *C. tabulata* encontra-se difundida na América do Norte (áreas do sudoeste: Arizona, Califórnia, colorado, Texas, Utah), na América Central (El Salvador, Guatemala, Honduras e México) e na América do Sul (Venezuela) e já foi até registrada na Austrália. Em quase todos os lugares é uma praga secundária da palma forrageira.

Cochonilha (*Homoptera Dactylopiidae*)

Esse é um pequeno grupo de insetos, todos confinados à cactácea *Opuntia* e outros gêneros relacionados, e pode ser considerado de maneira controversa sob o ponto de vista prático. De fato, sem dúvida é uma das pragas mais daninhas às opuntias, mas lhe foi atribuída uma função útil como agente de controle biológico de suas plantas hospedeiras (as últimas foram introduzidas acidentalmente ou deliberadamente e se converteram em problemas importantes) e como produtor de corante. No passado, os insetos cochonilha se disseminaram além de sua região nativa para incrementar a indústria de corantes, o que resultou num extensivo tráfico mundial, que os levou a se estabelecer na África do Sul, na Austrália, na Índia, no Ceilão, etc. (de Lotto, 1974).

Os insetos cochonilha conhecidos atualmente pertencem exclusivamente ao gênero *Dactylopius* Costa (Williams e Watson, 1988). Sua organização geral é muito parecida com a dos percevejos da família Pseudococcidae, sendo que a diferença é uma segmentação do corpo menos acentuada.

As fêmeas adultas não maduras apresentam um perfil do corpo elíptico ou ovalado e uma extremidade abdominal muito arredondada, não havendo lóbulos anais ou setas apicais. As fêmeas maduras são cobertas por uma cera branca flocada que esconde o inseto inchado, avermelhado e cheio de ovos. Eles são sedentários, tendem a agrupar-se nos cladódios e se alimentam, inserindo seus estiletes no tecido vegetal. Os machos, ao final do estágio de desenvolvimento, formam um casulo ovalado e branco sedoso característico, com 3 a 4 mm de comprimento e de onde surge um adulto alado muito delicado.

Dentro desse grupo de insetos se conhecem três espécies que se alimentam de *O. ficus-indica*. O *Dactylopius coccus* Costa é a espécie mais conhecida, já que foi observada inicialmente no século dezesseis pelos espanhóis no México e foi, posteriormente, introduzida em outras possessões espanholas e na própria Espanha (de Lotto, 1974). Esse inseto tem uma forma ovalada e seu corpo tem uma cobertura fina. Sob condições de campo produz duas a três gerações por ano. A partir de estudos de laboratório, conduzidos sob temperaturas entre 16,5º e 21ºC e umidade relativa do ar entre 80 e 86 porcento, demonstrou-se que seu ciclo completo de vida tem uma duração de 51 a 63 dias (Marin e Cisneros, 1977). Seu habitat natural parece ser o novo mundo (sul dos Estados Unidos, México, Brasil, Peru, Argentina), mas foi introduzido nas Ilhas Canárias, no Mediterrâneo, na Índia, nas Ilhas Maurício, em Madagascar, na África do Sul, na Austrália (Hoy, 1963).

De igual importância é o *D. ceylonicus* (Green), relatado no México (sob o nome de *D. indicus*) como sendo o inseto cochonilha mais perigoso (Pimienta, 1990). Começa a se reproduzir na primavera e completa seu estágio pré-imago nos 36 dias seguintes, passando por três estágios jovens. Quase quatro semanas depois de se acasalar, cada fêmea põe uma média de 160 ovos. As ninfas que surgem migram rapidamente, buscando fendas no cladódio para ali se estabelecer e inserindo seus estiletes bucais. Conhecido e descrito originalmente com base em materiais do Ceilão e da Índia, esta espécie está difundida na América do Sul (Argentina, Bolívia, México, Paraguai) e foi introduzida na Austrália e na África do Sul para o controle biológico de infestações de opuntias.

Finalmente, o *D. opuntiae* (Cockerell), que foi muito estudado como um agente de controle biológico das cactáceas. Há, portanto, muitas notas biológicas, se bem que discordantes, mencionadas por vários autores (Pettey, 1950; Mann, 1969; Karny, 1972). Na África do Sul esse inseto desenvolve cinco gerações por ano: 1 no inverno, 1 no outono e três no verão. O tempo necessário para se desenvolver até a maturidade (exemplo: desde a incubação de ovos até a produção dos primeiros ovos pela fêmea adulta) pode variar de 40 a 90 dias durante o verão, até 180 dias durante o inverno. Sabe-se que o *D. opuntiae* é encontrado no sul dos Estados Unidos, Ceilão, Índia, Quênia, África do Sul, Nova Caledônia e Austrália (de Lotto, 1974; Williams e Watson, 1988).

Através de suas mordidas para se alimentar e da injeção de saliva tóxica, os insetos cochonilha causam um sério amarelecimento dos cladódios e das frutas. O dano se localiza principalmente na base dos espinhos, onde os insetos formam escamas algodoeiras. Os cladódios atacados podem até cisalhar e as frutas infestadas cair prematuramente, perdendo seu valor comercial.

A literatura faz referência a uma série de agentes naturais capazes de controlar as populações de insetos cochonilha. Por exemplo, Pettey (1948) e Karny (1972) informaram sobre um efeito redutor de vários fatores abióticos (chuva, granizo e temperaturas extremas) para reduzir as populações de *D. opuntiae* na África do Sul. Entre os agentes de controle biológico das mesmas espécies, Annecke e Moran (1978) informam sobre a boa atividade da joaninha nativa *Exochomus flaviventris* Mader, a ação do *Cryptolaemus montrouzieri* Muslant, um coccinelídeo australiano introduzido na África do Sul para o controle biológico do percevejo farinhoso em plantas cítricas, e do *Entomophtora lecanii* (Zimm.) MacLeod & Muller-Kogler (=*Empusa lecanii* Zimm.) que é um fungo patogênico que torna negra a cochonilha atacada.

Não obstante, sob condições climáticas favoráveis e no caso de alta suscetibilidade da variedade hospedeira, os insetos cochonilha podem se tornar uma praga séria da palma forrageira, exigindo um controle artificial. Assim sendo, considerando-se que esses insetos preferem se desenvolver em áreas protegidas entre cladódios que se tocam, pode-se aplicar algumas práticas para evitar a disseminação da cochonilha: poda da parte central da planta, de tal maneira que os locais em que os insetos se escondem fiquem expostos à luz e que os cladódios não se toquem entre si ou com o solo (Wessels, 1988). Essas medidas preventivas também são úteis para melhorar o

efeito de eventuais aplicações químicas. Estas, por sua vez, apresentam resultado melhor se aplicadas com máquinas de alta pressão (na faixa de 15 a 20 bar), que fazem o produto químico penetrar na cobertura lanosa dos insetos e permitem que agentes umectantes incluídos na mistura aspergida, neutralizem a superfície cerosa dos cladódios que repelem a água (Wessels, 1988). Atualmente são conhecidos vários inseticidas eficientes contra os insetos cochonilha e a maioria deles está registrada em diversos países. Muito eficiente é o metidation, cuja dose recomendada é de 50 g para cada 100 litros de água, o carbaryl (175 g para cada 100 litros) e o paration (50 g para cada 100 litros).

Escamas blindadas (*Homoptera Diaspididae*)

A *Diaspis echinocacti* (Bouche) é a única espécie desse grupo digna de menção. Suas fêmeas adultas têm uma cobertura branca circular (1,4-2,2 mm de diâmetro), com uma exúvia subcentral marrom-amarelada. A cobertura do macho é branca, alongada e oval (0,8-1,0 mm de comprimento) com três protuberâncias longitudinais.

O inseto é muito polífago nas Cactáceas e se mencionam não mais que 50 gêneros de hospedeiros (Davidson e Miller, 1990). Ele se reproduz em várias gerações por ano, passando o inverno principalmente como uma fêmea adulta (Russo e Siscaro, 1994). Segundo Oetting (1984), a temperaturas constantes de 27ºC o ciclo de vida se completa em 23 a 26 dias para as fêmeas e 1 a 2 dias depois para os machos.

Nas plantas de palma forrageira, o *D. echinocacti* tende a permanecer principalmente nos cladódios (particularmente nos cladódios basais), que, no caso de infestações severas, podem ficar quase totalmente cobertos por centenas de folículos. A atividade posterior de sucção dos insetos de escama não parece interferir na produção da planta, mas danifica seriamente as frutas, causando uma depreciação estética, devido a manchas cloróticas nas áreas em que se encontram as escamas.

O *D. echinocacti* é uma espécie cosmopolita e está presente em todo o mundo, em qualquer parte em que se cultivem cactáceas (Novo Mundo, Europa, ex-URSS, África, Ásia e Austrália). Geralmente ocorre em baixas densidades, mas ocasionalmente pode se converter em praga sob determinadas condições, como em estufas (Davidson e Miller, 1990) ou em plantações especializadas (Russo e Siscaro, 1994). Normalmente é controlado através de várias espécies entomófagas, sejam predadoras (*Coleoptera Coccinellidae*) ou parasitas (*Hymenoptera Aphelinidae* e *Encyrtidae*). Se for necessário um controle especial da escama, ele pode ser feito através da aspersão de óleo mineral branco (1-1,5 porcento) misturado com um composto organofosforado.

Polias (*Lepidoptera Pyraloidea*)

Trata-se de um grupo que inclui várias espécies polífagas ou, pelo menos, oligófagas, cujas larvas podem danificar seriamente as plantas Cactáceas do gênero *Opuntia*.

Moran (1980) divide esses insetos em três classes, de acordo com seus hábitos de posicionamento dos ovos e com a forma de ataque posterior às plantas hospedeiras:

i) Todas as espécies que põem ovos convencionais na planta hospedeira, colocando-os individualmente em espinhos; suas larvas penetram sozinhas na planta e se alimentam isoladamente dentro dos cladódios, causando danos limitados.

ii) Polias que põem seus ovos em bastão, ficando salientes sobre a superfície do cladódio em forma de espinhos; sua larva gregária penetra no tecido vegetal, causando muito dano. Dentro desse grupo, e particularmente relacionado com a palma forrageira, a polia ficitídea *Cactoblastis cactorum* (Berg) é, sem dúvida, um bom exemplar representativo, tanto pelo dano que causa, quanto por sua difusão. O adulto dessa espécie é uma polia cinza com asas duplas longitudinalmente sobre o corpo e com uma cabeça pontiaguda. Depois de acasalar-se, as fêmeas põem seus ovos em bastões

de 1 a 2,5 cm de comprimento, projetando-se para fora dos cladódios a um ângulo de 90º. A larva que surge é de cor laranja brilhante com faixas pretas e, no fim de seu ciclo, pode atingir um comprimento de 2,5 cm.

O ciclo da vida da *C. cactorum* foi bem pesquisado na África do Sul (Pettey, 1948; Mann, 1969; Annecke e Moran, 1978; Wessels, 1988), onde o inseto produz duas gerações por ano, com os adultos voando em janeiro-março e, novamente, em setembro-novembro. Os ovos postos na primavera são incubados a amadurecidos em cerca de 50 dias, enquanto que os postos no verão amadurecem depois de 33 dias. Em um ou dois dias a larva jovem penetra no cladódio, onde se alimenta gregariamente durante cerca de dois meses no verão e quatro meses no inverno. Esse inseto se transforma em pupa no solo ou na parte baixa das plantas.

A *C. cactorum* é originária da América do Sul, tendo sido encontrada na Argentina, no Brasil, no Paraguai e no Uruguai (Mann, 1969). Na Austrália e na África do Sul foi introduzida para exercer um controle biológico das plantas de palma forrageira e neste último país o inseto se estabeleceu como uma praga fundamental no cultivo de palma forrageira sem espinhos.

O dano causado por *C. cactorum* pode ser muito sério, particularmente em plantas jovens (Annecke *et al*., 1976). No caso de infestações de peso pode-se encontrar grandes quantidades de larvas dentro de um cladódio (Wessels, 1988) e as frutas também podem ser atacadas (Petey, 1948). Uma alta densidade do inseto pode levar uma planta ao colapso total dentro de poucos meses.

O controle racional do inseto deve ser de natureza preventiva, já que não há inseticidas eficientes contra a larva, que se encontra dentro do cladódio. Assim, são necessárias inspeções regulares durante o período de vôo da polia, para detectar os bastões de ovos. Quando houver uma grande quantidade de bastões, recomenda-se uma aplicação de inseticida tão logo os bastões mudem a cor para marrom (exemplo: início da eclosão dos ovos). Na África do Sul, as aspersões com carbaryl (175 g para cada 100 litros de água), deltametrin (15 g para cada 100 litros) ou metidation (50 g para cada 100 litros) resultaram em um controle efetivo contra a polia. No caso de infestações incipientes (tendo em vista que a *C. cactorum* tende a iniciar seu ataque a partir da parte terminal e mais jovem da planta em direção à base), convém destruir os cladódios identificados como infestados para, assim, evitar a disseminação do inseto.

Na classificação de polias de cactáceas feita por Moran (1980), um grupo de espécies pertencentes principalmente aos gêneros *Olycella Dyar* tem uma posição intermediária entre os dois grupos acima, já que as fêmeas põem os ovos em pequenos bastões, contendo cada um no máximo uma dúzia de ovos. Dentro desse grupo, há informações de que o *O. nephelepasa* (Dyar) ataca cladódios no México, causando um engrossamento em forma de tumor, dentro do qual se encontram galerias da larva da polia com suas típicas faixas brancas e escuras (Pimienta, 1990).

iii) Aquelas espécies que põem ovos em forma de prato e, principalmente, avulsos. Dentre elas cabe mencionar a *Laniifera cyclades* (Druce), relatada como sendo extremamente nociva à palma forrageira no México (Flore-Flores e Canales-Cruz, 1990; Pimienta, 1990). Esse inseto tem um comportamento ligeiramente gregário muito análogo da *C. cactorum*. Segundo Pimienta (1990), põe seus ovos em grupos de 30 a 50 dispostos como telhas ou laje. A larva, branco-cremosa, inicia seu deslocamento sobre o cladódio, protegendo-se com filamentos sedosos e, em seguida, começa a penetrar nela. Contrariamente a outros pirálidos gregários, a larva *L. cyclades* raras vezes se movimenta fora do hospedeiro e se transforma em pupa em túneis de larvas em que se alimentam. As plantas de palma forrageira infestadas por esse inseto podem se debilitar consideravelmente pelo ataque das larvas na parte lenhosa dos cladódios, que, em caso de infestações pesadas, podem até se quebrar e cair.

As estratégias mencionadas acima para o controle da *C. cactorum* também podem ser aplicadas a essas duas últimas espécies.

Escaravelhos (*Colepotera*)

Esse é um grupo de insetos muito encontrado em opuntias, com mais de 50 espécies conhecidas e que se alimenta dessas plantas. Todavia, são pouco comuns e danos sérios causados por esses insetos são ocasionalmente relatados na literatura.

Os escaravelhos cactófagos são encontrados em várias famílias de coleópteros, das quais a Cerambycidae e a Curculionidae são as mais representativas, por abranger cerca de 40 porcento das espécies fitófagas citadas em opuntias (Moran, 1980).

Da família dos Cerambycidae vale a pena mencionar o *Archlagocherius funestus* (Thompson), já que é a espécie mais conhecida desse grupo que age sobre *O. ficus-indica* (Annecke e Moran, 1978). Trata-se de um perfurador, cujos adultos emergem em meados do verão, são muito prolíferos e lôngevos. As fêmeas põem os ovos nos caules, ramos, e cladódios velhos lenhosos das plantas hospedeiras e, eventualmente, em pequenos furos dentro de canais finos feitos pelos machos. Normalmente não há postura de ovos em plantas pequenas ou cladódios verdes. As larvas representam o estágio danificador do inseto; eles se alimentam gregariamente nos caules e ramos e se transformam em pupas nessas mesmas partes da planta. Os ataques de *A. funestus* podem causar a quebra de ramos e cladódios, o que leva a um colapso de toda a planta. Contudo, esse nível de infestação raramente é atingido em virtude da produção de mucilagem pelo inseto, o que resulta numa alta mortalidade de ovos e larvas (Pettey, 1948). Acredita-se que o *A. funestus* é originário do México (Annecke e Moran, 1978); ele foi introduzido na Austrália e na África do Sul para fins de controle biológico de opuntias selvagens, mas com poucos resultados (Zimmermann e Moran, 1991).

Os gorgulhos da família Curculionidae que atuam sobre a *O. ficus-indica* são representados principalmente pelo *Metamasius spinolae* (Gyllenhaue) e pelo *Cylindrocopturus biradiatus* Champ. o primeiro tem adultos com 22-36 mm de comprimento, pretos com duas manchas vermelhas na parte anterior do protórax e duas faixas alaranjadas no élitro. Se alimentam nas bordas dos cladódios verdes e põem seus ovos nos caules basais, nos ramos das plantas e nos cladódios. Os ovos são postos em perfurações superficiais, preparadas previamente com o aparelho bucal. A larva branca, ápode e ligeiramente torcida, penetra no tecido da planta hospedeira tão logo ela eclode, furando o cladódio durante todo o período de sua vida pós-embrionária. No ponto de entrada, essas larvas descarregam goma e mucilagem, inicialmente de cor amarela que depois se escurece. A transformação em pupa transcorre na parte seca ou quase seca do caule da planta hospedeira, o que ocorre em casulos fibrosos preparados pela larva anterior. Annecke e Moran (1978) relatam um ciclo de vida de 7 a 5 meses (desde a postura do ovo ao surgimento do adulto), com adultos vivendo um ano ou mais. Os danos causados pelo *M. spinolae* consistem numa debilitação geral da planta, o que resulta numa menor produção e, no pior dos casos, na morte. Com referência à sua difusão, o inseto é nativo do México, onde se encontra em toda parte, além de ser nocivo (Flores-Flores e Canales-Cruz, 1990; Pimienta, 1990). Para controlar a disseminação das opuntias, ele foi introduzido na África do Sul (Pettey, 1953; Annecke e Moran, 1978), onde parece ter tido efeito limitado (como no caso do *A. funestus*), embora em algumas ocasiões tenha se tornado abundante e aumentado de importância (Zimmermann e Moran, 1991).

O *C. biradiatus* é mencionado no México (Flores-Flores e Canales-Cruz, 1990; Pimienta, 1990), onde os adultos têm 4 a 4,5 cm de comprimento, são escuros com manchas cruzadas no dorso e põem seus ovos na base das aréolas das plantas de palma forrageira. A larva branca, pequena, ápode e curvada se alimenta na aréola, o que resulta em secreções gomosas em forma de escamas que se endurecem com o tempo.

Além das já mencionadas, na palma forrageira podem-se encontrar outras pragas secundárias de outras famílias da ordem dos Coleópteros, como os Scarabeidae ou Nititulidae. Com referência aos primeiros, há informações sobre uma espécie do gênero *Phyllophaga* no México (Flores-Flores

e Canales-Cruz, 1990; Pimienta, 1990) na qual causam desidratação e enrugamento dos cladódios pelo ataque das larvas nas raízes.

No grupo dos Nititulidae, sabe-se que no Peru há um perfurador não identificado que danifica os cladódios , flores e frutas de plantas de palma forrageira (Ayala-Huaytalla e Flores-Flores, 1986; Flores-Flores *et al*., 1986). É um escaravelho, cujos adultos, pretos, têm um comprimento de 6 a 7 mm e emergem no verão (de janeiro a abril) e se alimentam das partes mencionadas, perfurando os tecidos. A larva vive no solo, comendo substâncias orgânicas e completando seu desenvolvimento em 200 a 250 dias.

Sob um ponto de vista prático, todas as espécies de escaravelhos citadas são de importância limitada e raramente são críticas no cultivo da palma forrageira. Destarte não são necessárias medidas específicas de controle. Em raros casos de infestações pesadas por esses insetos, valem as considerações gerais expostas para o controle da polia das cactáceas.

Moscas (*Diptera*)

Uma grande quantidade de espécies dípteras pertencentes a diferentes famílias é associada à *O. ficus-indica*, embora tenham funções muito diversas nessa planta. Fucikovski (1990) relaciona várias Diptera Syrphidae, Otitidae e Ephydrudae como vetores de *Erwinia carotovora* (Jones) Bergey *et al*. subsp. *carotovora* (Jones) Dye, como sendo os agentes da putrefação dos cladódios. Para as pragas primárias da palma forrageira torna-se necessário examinar a família de carpófagos, como a Tephritidae, da qual a espécie *Ceratitis capitata* (Wiedemann) representa atualmente a mais importante praga da palma forrageira na região do Mediterrâneo.

Os adultos desse inseto são ligeiramente menores que os da mosca comum. Suas asas são basicamente transparentes, com quatro faixas típicas translúcidas e várias manchas pequenas, cuja forma e disposição são características importantes para o diagnóstico. Suas fêmeas têm um ovopositor robusto em forma de estilete, através do qual mordem a fruta e constroem pequenas cavidades de 2 mm de profundidade, onde põem uma média de 7 ovos em cada uma. Uma única cavidade pode ser utilizada por mais de uma fêmea, chegando a conter até 100 ovos. A larva branca, sem patas, eclode depois de alguns dias e começa a perfurar as frutas por meio de ganchos bucais. Aproximadamente 20 dias depois da eclosão, a larva madura se "lança" ao solo, onde se transforma em pupa num casulo vermelho construído numa cavidade de 10 cm de profundidade. Em ambientes do Mediterrâneo, onde a *C. capitata* é nociva à palma forrageira, ela pode reproduzir até sete gerações por ano, dependendo das condições climáticas e se as plantas hospedeiras frutificam em diferentes períodos do ano.

Essa última característica é significativa, uma vez que a *C. capitata* é uma espécie altamente polífaga e suas larvas podem se alimentar de mais de cem plantas selvagens e cultivadas (White e Elson-Harris, 1992). Em plantações de palma forrageira, as moscas chegam à densidade populacional máxima de setembro a novembro. Depois podem hibernar em frutas espontâneas de palma forrageira. Além do desenvolvimento das larvas, que acompanha as mordidas para a postura dos ovos da *C. capitata*, as frutas da palma forrageira também podem apodrecer e cair; de qualquer maneira, já não são mais adequados para a comercialização. Atualmente a *C. capitata* está muito disseminada, apresentando-se em áreas temperadas de quase todo o mundo (White e Elson-Harris, 1992).

As infestações da mosca do Mediterrâneo em plantações de palma forrageira podem ser controladas racionalmente através de uma estratégia de supervisão, baseada no monitoramento do vôo de adultos, verificando a percentagem de frutas infestadas e na intervenção eventual contra adultos ou larvas.

O monitoramento do vôo dos adultos pode ser feito por meio de vários tipos de armadilha. Algumas delas utilizam o fato de os adultos serem atraídos pela cor amarela. Assim, são feitas

armadilhas pequenas (15 x 21 cm) nessa cor, com um produto pegajoso ou simples pratos de plástico. Todavia, os melhores resultados são obtidos com armadilhas de atração química, como as garrafas "Mc Phail", que contêm uma solução de 3 porcento de fosfato biamoníaco, que atrai machos e fêmeas, ou armadilhas "trimedule", específicas para atrair os machos. Em qualquer tipo usado, deve-se colocar 3 a 4 armadilhas por hectare a partir de julho-agosto. Assim que se registrar a primeira captura de adultos nas armadilhas, é conveniente e oportuno que se controle paralelamente pelo menos 100 frutas nas plantas. Se forem detectadas uma a duas frutas infestadas, recomenda-se fazer um tratamento preventivo com proteínas tóxicas atraentes, devendo-se repeti-lo no caso de chuvas fortes ou no caso de se capturar 1 a 2 adultos por semana e por armadilha. As proteínas tóxicas atraentes devem ser preparadas logo antes do tratamento, utilizando um composto de proteína hidrolizada, como Buminal, Lisatex ou outros (500-600 g/hl) a ser misturado com um composto organofosforado, como dimetoato ou fention (50-70 g/hl). É possível aspergir principalmente os cladódios, evitando-se tratar as frutas o mais que se puder.

Se são capturados mais de 20 adultos por semana e por armadilha e se são detectados pelo menos 5 a 10 porcento de frutas infestadas, deve-se fazer uma aspersão contra a larva com dimetoato (60 g/hl). Nesse caso é necessário aspergir oportunamente as frutas, já que em seu interior se encontra uma larva de *C. capitata* em desenvolvimento.

Formigas (*Hymenoptera formicidae*)

As formigas do gênero *Atta* representam um sério problema para a saúde das palmas forrageiras na Bolívia (Russo, com pers.). As formigas obreiras dessas espécies raspam os cladódios jovens e, em seguida, utilizam essa comida em seus ninhos como uma camada de cobertura para fungos simbióticos. Esses insetos podem ser mantidos sob controle, mediante destruição de seus ninhos encontrados dentro ou perto das plantações de palma forrageira.

OUTRAS PRAGAS

Algumas pragas secundárias e ocasionais de outros grupos zoológicos podem ocorrer na palma forrageira. Elas devem ser consideradas como fitófagas locais e, em qualquer hipótese, sua presença nas plantações de palma forrageira não necessita de controle, já que não se dispõe de métodos simples para quantificar os danos que causam. Em razão da importância limitada dessas pragas, não há muita literatura a respeito e só há poucas informações disponíveis.

Primeiros em ordem filogenética, os nematódeos fitoparasíticos pertencentes a 13 gêneros foram detectados em raízes de plantas de palma forrageira no Peru (Pérez-Muñoz, 1988). Todavia, seu papel atual e sua relação com as plantas ainda não foi devidamente pesquisados.

Danos ocasionais causados por gastrópodes são informados da África do Norte e da região do Mediterrâneo (Monjauze e Le Houerou, 1965; Longo, 1991), onde podem ocorrer os ataques por *Theba pisana* Mull., *Helix* sp., *Limax* sp. e *Agriolimax* sp., causando erosão em frutas maduras. As infestações raras por esses moluscos podem ser controladas mediante colocação no solo de armadilhas tóxicas com metaldeído (5-15 kg/ha) ou metiocarb (5-7 kg/ha).

Finalmente, no México certos vertebrados, como pardais (Fucikovski e Luna, 1990) e roedores (Flores e Canales-Cruz, 1990) estão relacionados como pragas sérias locais de palma forrageira. Estes últimos freqüentemente estão associados a doenças bacterianas.

COMENTÁRIOS FINAIS

As informações contidas neste capítulo demonstram que, em suas principais áreas de produção, a palma forrageira normalmente é atacada por um número reduzido de pragas. E que elas podem ser controladas na maioria dos casos, mediante adoção de estratégias racionais e integrais que respeitam as bases ecológicas, toxicológicas e os princípios econômicos.

As medidas preventivas desempenham um papel importante. A execução racional de todas as práticas de cultivo, particularmente a fertilização, a rega e a poda também é importante. A poda requer cuidados especiais, tendo em vista que a redução periódica da densidade dos cladódios na parte central da planta previne a formação de locais de refúgio para os insetos. Isso, por sua vez, reduz as possibilidades de desenvolvimento de várias espécies de pragas e permite um melhor resultado de uma eventual aplicação de produtos agroquímicos. É importante a remoção dos cladódios velhos e quase secos, onde se poderiam desenvolver vários insetos nocivos (especificamente escaravelhos).

A aplicação de agroquímicos nem sempre é aplicável para controlar pragas na palma forrageira, dado seu custo direto e indireto. Em qualquer hipótese, a aplicação só deve ser feita em casos especiais, quando a densidade populacional da praga exceder os níveis tolerados e esteja perto de atingir os níveis previstos para aplicação (número de espécimens da praga por unidade de superfície que provoque um dano econômico maior que o custo total da aplicação). Os produtos a serem aplicados devem ser selecionados entre aqueles que tenham o menor impacto sobre a biocenose e que não deixem resíduos tóxicos nas frutas.

Concluindo, deve-se enfatizar que a quarentena tem uma função primária no controle das pragas da palma forrageira. Somente as providências de quarentena são capazes de prevenir a disseminação desses organismos nocivos pelo mundo, sendo, portanto, possível evitar a introdução de novas espécies em ambientes onde se pode obter um poder biótico relevante, devido à falta de inimigos naturais efetivos, e onde esses organismos poderiam chegar a um nível de praga, exigindo providências caras de controle.

DOENÇAS BIÓTICAS E ABIÓTICAS

por **G. Granata**

Università degli Studi di Catania, Italia

INTRODUÇÃO

Apesar dos inúmeros relatórios sobre doenças da palma forrageira, até o presente momento não foram feitos estudos sistemáticos dessas doenças. Elas podem ser classificadas como infecciosas (bióticas) e não infecciosas (abióticas). As primeiras são causadas por vários agentes vivos, como bactérias, micoplasmas, fungos, nematódeos, vírus e alguns organismos ainda não identificados, como os tipos micoplasma e tipo vírus. As doenças abióticas são causadas por condições climáticas ou nutricionais adversas, anormalidades genéticas, erros no sistema de produção e aplicações equivocadas de pesticidas.

Algumas doenças podem ser facilmente diagnosticadas mediante observação dos sintomas, ao passo que outras exigem uma análise adequada de laboratório para identificar o agente etiológico. O fitopatologista tem que fazer observações freqüentes de campo para estudar as condições do solo, clima, variedade do hospedeiro, sistema de produção e todos os fatores que interferem na relação entre hospedeiro e agente patológico.

Como os tecidos da palma forrageira são ricos em água, freqüentemente as infecções bacterianas ou de fungos se convertem rapidamente em putrefações, tornando-se difícil isolar o patógeno, sobretudo no caso de uma colônia saprófita.

Conseqüentemente, a evolução das doenças na palma forrageira é muito rápida e a prevenção é o método mais eficaz para se assegurar produções com sucesso. Isso sugere restrições à importação de material de reprodução e de frutas provenientes de áreas em que hajam certas doenças. O uso de produtos químicos no controle de doenças da palma forrageira é limitado a um pequeno número de patógenos.

Os tratamentos anti-parasitários são necessários depois de eventos atmosféricos ou outros que provoquem feridas nos órgãos das plantas e facilitem, assim, a inoculação de agentes patógenos, tais como fungos ou bactérias.

DOENÇAS INFECCIOSAS

Doenças causadas por bactérias e leveduras

As bactérias são organismos procarióticos sem clorofila e saprófitos. Cerca de cem espécies provocam as doenças das plantas ou animais ou de ambos (Bradbury, 1970; Buchanan e Gibbons, 1974; Starr, 1959).

Os gêneros comuns dos patógenos são: *Agrobacterium*, *Erwinina*, *Pseudomonas* e *Xanthomonas* (Dye *et al*., 1908; Krieg, 1984; Schaad, 1980, Skerman *et al*., 1980). Os agentes bacterianos patógenos penetram em feridas. Como o processo infeccioso requer determinadas condições climáticas, caracterizadas por baixa temperatura, alta umidade e fruta molhada (Schuster e Coyne, 1974), as doenças estão mais disseminadas em áreas onde ocorrem mais freqüentemente

essas condições climáticas. Quando a bactéria infecta a planta, ela provoca necroses, tumores e putrefações leves (Lelliot e Stead, 1987).

Pode-se distinguir as leveduras das bactérias porque seu tamanho é maior e por certas características morfológicas e estruturais (Kreger, 1984; Loddes, 1974). São unicelulares e, contrariamente às bactérias, são eucarióticas e se desenvolvem, tanto sob condições aeróbicas, quanto sob condições anaeróbicas. As atividades de respiração e fermentação das leveduras utilizam açúcares monossacarídeos (exemplo: açúcares com seis átomos de carbono). Os dissacarídeos se decompõem por enzimas hidrolíticas antes de serem utilizados (Walt e Yarrow, 1984).

Assim, as leveduras não são muito comuns em plantas vivas, mas, geralmente, elas colonizam a planta depois do ataque de bactérias ou fungos, que preparam o substrato para que possam dar início ao processo de fermentação.

Mancha bacteriana

A doença está presente na Índia e, recentemente, foi registrada na Itália, onde causou danos pesados e muito espalhado. Sua disseminação é maior no inverno e na primavera, quando o granizo e as geadas causam feridas nos pseudocaules ou nas frutas. Os sintomas chegam ao máximo no início do verão. As altas temperaturas retêm a infecção (Alcorn *et al*., 1988; Cortés *et al*., 1986; Fucikovski, 1978, 1990; Fucikovski e Luna, 1988; Granata e Varvaro, 1990; Kelman *et al*., 1980; King *et al*., 1954; Papdiwal e Deshpande, 1978).

Organismo causador

A mancha e necrose bacteriana é causada por *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*; a bactéria é facilmente identificável nos cladódios doentes de palma forrageira, mas não em lesões secas. As características bioquímicas e fisiológicas são: células em forma de rolete, gram-negativas, motilidade através de flagelos perítricos, aeróbicas, oxidase-negativas, catalase-positivas. Crescem a 36ºC e não produzem pigmentos fluorescentes no meio B ágar de King.

Sintomas

Aparecem manchas aquosas nos cladódios, na primavera, que logo se juntam para formar áreas escuras. Os tecidos parenquimatosos sob os tegumentos são inicialmente aquosos e logo se tornam pretos. Os tecidos infectados superficialmente secam, algumas vezes se desenvolvem para uma crosta e geralmente são quebradiços. Esses sintomas também podem aparecer nas frutas (Varvaro *et al*., 1993).

Controle

Deve-se aplicar fungicidas à base de cobre: no período inverno-primavera às lesões causadas por granizo ou outros eventos ou quando a doença está muito distribuída. Recomenda-se eliminar (podar) e destruir os cladódios infectados (Johnston, 1923).

Esfoladura da coroa da palma forrageira

Registrada no México sob o nome de "Agalla del Nopal" (Gutiérrez, 1992).

Organismo causador

O agente patógeno é *Agrobacterium tumefaciens*, presente no mundo. Ataca principalmente plantas arbóreas e herbáceas cultivadas. O patógeno vive no solo como saprófito e inocula a planta através de feridas (Lo Magno *et al*., 1977).

Sintomas
As massas tumorais podem ter até 10 cm e se localizam na base dos caules. Os tecidos são de cor escura e se partem na maturação. Há a formação de exsudatos de cor âmbar escuro partindo do caule perto do tumor.

Controle
É necessário eliminar e destruir os tumores e fazer tratamento das feridas à base de cobre.

Podridão moderada

A podridão moderada dos cladódios freqüentemente está associada à alteração bacteriana chamada mancha bacteriana (Granata e Vavaro, 1990; Phaff *et al*., 1978, 1985; Starmer *et al*., 1978).

Uma vez iniciado, o processo infeccioso evolui até destruir todo o órgão. A doença avança mais rapidamente sob temperatura entre 20º e 35ºC.

A doença se acentua quando há eventos que provocam feridas, como granizo e baixas temperaturas, acompanhados de períodos prolongados de chuva e umidade relativa alta.

Organismo causador
Uma levedura classificada como *Candida boidimi* (Ramirez) é a causadora da putrefação.

Sintomas
Nos cladódios aparecem áreas escuras causadas pelo tecido interno infectado. Numa fase mais adiante o tecido interno apodrece e, finalmente, se torna uma massa amorfa mole. Toda a superfície fica preta, mas o tecido externo não apodrece, o que deixa o cladódio parecendo uma bolsa irregular que contém um líquido de cheiro desagradável.

Controle
Recomenda-se a eliminação e destruição dos cladódios infectados, bem como um tratamento com uma mistura de calda bordalesa à concentração de 1 porcento depois da colheita das frutas ou depois de qualquer evento que cause danos aos cladódios.

Doenças causadas por fungos

Foram descritas as características morfológicas de mais de 100.000 espécies de fungos. Mais de 800 deles são patógenos mais ou menos virulentos dos vegetais. Não têm clorofila e não são capazes de fazer a fotossíntese. Para se manter, o fungo tem que estabelecer uma relação simbiótica ou agonística com a planta. No primeiro caso, as relações fungo/planta se caracterizam por vantagens recíprocas, ao passo que, no segundo, o organismo heterotrópico (fungo) forma uma relação antagônica ou parasitária com o organismo autotrópico (planta). Neste caso o fungo danifica a planta e o parasita é classificado como patógeno (exemplo: um agente causador de doença). Várias espécies de fungos têm uma ação parasitária em relação às plantas e induzem vários processos infecciosos que determinam um tipo de alteração fisiológica (transpiração, respiração, captação de substâncias nutritivas, etc.) com o subseqüente dano que, freqüentemente, provoca a morte prematura de partes ou de toda a planta.

Como os fungos são os agentes patógenos mais disseminados na palma forrageira, eles merecem uma atenção especial. Eles se caracterizam por um estado vegetativo que consiste num crescimento de micélio. O micélio é uma massa de órgãos alongados em forma de tubo, consistindo de uma parede externa que envolve um protoplasma contínuo, sendo ou plurinucleado ou dividido

em unidades celulares por um septo transversal com um ou mais núcleos. Esses órgãos se chamam hifas e formam uma relação parasitária quando crescem sobre os órgãos das plantas. Essas hifas são capazes de produzir órgãos de propagação através de processos de reprodução e multiplicação.

Os primeiros são chamados de esporos, os segundos são chamados de conídios. Os patógenos tipo fungo dos vegetais só podem produzir conídios ou ambos órgãos reprodutivos. Os processos de propagação mencionados anteriormente permitem a difusão do fungo no ambiente. Os esporos germinam e produzem hifas ao entrarem em contato com hospedeiros suscetíveis sob condições ambientais favoráveis e quando se estabelece uma relação direta hospedeiro-parasita. A penetração pode ocorrer através de uma perfuração mecânica da cutícula e da parede celular imediatamente abaixo ou, então, pela ação de várias enzimas liberadas pelos fungos. As estruturas produzidas pelo patógeno em substratos naturais ou artificiais são úteis para os diagnósticos das doenças causadas por fungos ou para a identificação do organismo causador. Freqüentemente as doenças causadas por fungos são fáceis de diagnosticar através de exames dos sintomas macroscópicos. Esses sintomas podem ser:

- específico (exemplo: característico de uma única doença), em cujo caso o diagnóstico é fácil;
- não específico (exemplo: comum a mais de uma doença), o que requer um diagnóstico diferenciado que pode exigir testes de laboratório (Agrios, 1978; Alexopoulos, 1979; Stevens, 1925; Goidanich, 1964).

Podridão por Armillaria e podridão dos caules

Esta é uma doença séria que leva à morte (Magnano di San Lio *et al*., 1983; Raabe, 1962, 1979).

Agente causador

A *Armillaria mellea* (Vahl. Fr.) Kummer é um fungo basidiomiceto que produz carpóforos com uma cobertura plana convexa (10-15 cm), inicialmente amarela, depois escura sem escamas e com uma lamela irregular amarelo-marrom. O caule é de 5-15 x 1-35 cm, amarelado, isodiamétrico e carnoso; com a idade se torna marrom com anéis bem pronunciados. Os basidiósporos com 5-6 x 9 mm, elípticos, hialinos e moles; eles nascem em basídios em forma de bastão que medem 38-40 x 7-8 mm. Os carpóforos são comestíveis.

A superfície dos órgãos infectados tem um micélio branco e cordões de hifa chamados rizomorfos que saem dos tecidos para o solo, infectando as plantas vizinhas. Os basidiósporos também causam contaminação.

Sintomas

As plantas infectadas apresentam sintomas de redução da turgidez do tecido e um amarelecimento. As frutas que nascem não amadurecem, permanecendo mumificadas. Há exsudação de um tecido viscoso na base do caule. Os tecidos infectados na base do caule apodrecem e são cobertos por uma camada de micélio esbranquiçado, gerando um cheiro característico de fungo. A parte contaminada do caule apresenta bordas de cor vermelha que, geralmente, se estende até acima do solo. A doença pode envolver as raízes principais (Raabe *et al*., 1969; Redfern, 1968,1973).

Controle

A infecção e a putrefação da raiz e do caule causada por *Armillaria* não pode ser prevenida por medidas profiláticas para eliminar as fontes de inoculação. Recomenda-se cavar profundamente para retirar as raízes de plantas infectadas nos cultivos, antes de lançar uma nova plantação. O fungo não tolera a seca, razão porque se as áreas infestadas secarem muito, é possível conter a expansão da doença (Redfern, 1978; Tirro, 1989).

Gomose causada por Dothiorella

Essa doença não está disseminada a nível mundial e só foi registrada na ilha de Linosa (Itália) em 1972. O mesmo patógeno causa o câncer gomoso de putrefação marrom em troncos e ramos de plantas cítricas, levando grandes áreas da casca à morte (Fawcett *et al*., 1926; Somma *et al*., 1973).

Organismo causador

A doença é causada pelo fungo *Botryosphaeria ribis* (Grassenb. e Duggar) que se encontra presente de maneira natural na multiplicação sexual de *Dothiorella ribis* (Fuck.) Sacc. Em meios artificiais de PDA o fungo produz uma colônia branca que logo se transforma em cinza e, em seguida, em preto ou cinza escuro com vários estromas planos ou cilíndricos (3-4 x 2-3 mm). Cada estroma contém vários picnídios. O conídio produzido dentro do picnídio é unicelular, alongado, elíptico ou fusiforme (12-30 x 4-8 mm). Raramente se forma um ascoestroma. Contêm ascos com ascósporos elípticos ou em forma de ovo (15-24 x 6-10 mm) com células simples incolores.

Sintomas

A presença de "emendas" de um ou mais cânceres redondos (diâmetro 1-2 a mais de 20 cm) com uma superfície tipo cascão e freqüentemente trincada. Há exsudações abundantes de goma ao redor desses cânceres, sendo de cor preta nas exsudações velhas e amarela nas exsudações novas. Áreas acinzentadas podem ser detectadas nos tecidos infectados, devido à presença de várias frutificações de fungos (picnídio) que quebram a epiderme. A camada externa do câncer é marrom-amarelada e curtida. A decomposição é rápida quando se apresentam mais de dois cânceres num mesmo local. Nos casos mais graves, quando a doença inclui o caule e a planta é jovem, ela morre dentro de poucos anos.

Controle

A aplicação sistemática de fungicidas (Benomyl e tiofeno de metila) no período de março a setembro deu bons resultados (Rosciglione, 1980). A eliminação e destruição das partes infectadas durante a poda é uma prática recomendada (Rosciglione *et al*., 1977).

Podridão do colo, induzido por Phytophtora

O *Phytophtora* sp. causa uma doença grave em muitas plantas. Esse fungo foi registrado no mundo, sobretudo em plantações regadas ou em solos muito úmidos. O fungo é nativo do solo e a característica de seus esporos (zoósporos) produz infecções no colo e/ou na raiz (Waterhouse, 1963; Cacciola e Magnano de San Lio, 1988). Quando presente no solo, também pode infectar frutas caídas, causando a podridão marrom.

Os *Phytophtorae* que atacam a palma forrageira são: *P. cactorum* (Leb. e Cohn) Schroet. e *P.nicotianae* (Breda da Hahn).

Em cultivos puros com substrato de ágar, o *P. cactorum* forma colônias com margens irregulares e um micélio aéreo, dando lugar anterídios, oogônios e oósporos. O esporângio é ovóide, obpiriforme, tem menos de 45 mm de comprimento e uma relação comprimento/largura <1,6, nasce de uma hifa aérea caduca com não mais que 4 mm de comprimento.

O *P. nicotinae* de palmas forrageiras infectadas é facilmente isolado em meios de ágar, onde forma colônias regulares que produzem esporângios subesféricos, ovóides piriformes ou elipsoidais e ocasionalmente com papilas, com dois ápices e uma relação média comprimento/largura <1,6 (Cacciola *et al*., 1988). Os clamidósporos se diferenciam em meios de ágar e em líquidos. Em nenhum caso foi observada inchação das hifas. A temperatura mínima necessária para o crescimento da colônia em um meio de ágar (PDA, CMA e V8A) é de 9º a 10ºC; a temperatura ótima é de 25º a 27ºC e a máxima é de 35º a 37ºC.

Sintomas
No fim da primavera e, sobretudo no verão, a planta doente exsuda uma goma na base do caule, perto da coroa. As plantas jovens que não têm o caule lenhoso apresentam uma putrefação marrom com um exsudato líquido. As partes internas do tecido enfermo apodrecem e se tornam avermelhados. A putrefação não se estende mais do que 20 a 30 cm acima da coroa, mas pode abranger toda a circunferência do caule, causando a morte da planta. Os sintomas das plantas afetadas são: interrupção da vegetação, clorose e murcha dos cladódios. A putrefação resulta numa menor turgescência do caule e muitas vezes as plantas caem. Quando os zoósporos penetram nas raízes, ocorre putrefação e despedaçamento.

As frutas que estiverem no solo podem adoecer; inicialmente ficam inteiras e escuras, mas depois apodrecem.

Controle
A infecção é estimulada pelo encharcamento com água e, portanto, a doença é mais acentuada em solos argilosos. A palma forrageira pode ser plantada em solos com teores de argila abaixo de 20 a 30 porcento. O controle se baseia na profilaxia destinada a evitar danos às raízes ou perto da base da planta; é muito importante não molhar a coroa da planta no ato da rega e evitar excesso de umidade.

Mancha dourada causada por Alternaria

Essa doença foi registrada no México sob o nome de "mancha de ouro" e se apresenta nas palmas forrageiras em vários países.

No México, o mesmo patógeno induz uma alteração chamada "mancha ou secagem do cladódio", caracterizada por manchas cloróticas que têm suas bordas e o centro mais escuros (Fiore, 1946, Gutiérrez, 1992).

Organismo causador
As características morfológicas e de cultura do fungo causador da mancha dourada por Alternaria não foram estudadas detalhadamente e, portanto, não lhe foi dada uma classificação definitiva. Observações microscópicas do fungo revelam que ele tem conidióforos escuros, simples, curtos ou longos, com uma cadeia simples ou ramificada de conídios. Os conídios geralmente são escuros com septos longitudinal e transversal, de várias formas, desde obclávea a elíptica ou ovóide, geralmente aparecem em longas cadeias acrópetas com um apêndice apical simples ou ramificado. Os conidióforos raramente surgem de forma simples.

Sintomas
Os locais de penetração normalmente são os espinhos dos cladódios, mas também podem ser feridas na cutícula. Perto do local de penetração se forma uma mancha ligeiramente protuberante, circular ou de diferentes formas. O tecido imediatamente abaixo se torna escuro a verde clara e a mancha se torna dourada. Com a idade, a mancha se transforma numa capa amarela com um centro escuro, enquanto o resto se mantém amarelo.

Controle
Recomenda-se a aspersão com fungicidas à base de cobre. Os tratamentos à base de Captan são eficazes (Pimienta, 1990).

Murcha causada por Fusarium

O *Fusarium* sp. é de grande importância, pois danifica uma grande parte de espécies vegetais e está disseminado por todo o mundo, particularmente nas zonas úmidas e quentes. As doenças mais importantes provocadas pelo fungo incluem as traqueóides e é a murcha. Muitas vezes o desenvolvimento da doença é favorecida por más condições do solo, como alta acidez, baixa permeabilidade e alta umidade. As infecções por *F. solani* e *F. oxisporum* foram registradas em diferentes opuntias no México, como *Opuntia fulgica* (Perrinari, 1951; Gutiérrez, 1992).

Organismo causador

A doença é causada por *F. oxisporum* (Schlect) Synd. e Hans f.s. *opuntarium*. Num meio de cultura, o fungo dá lugar a uma colônia de pouco crescimento de cor verde-azul, que produz um microconídio em substrato PDA de forma ovalada com ápices redondos e hialinos. Seis dias depois detectam-se macroconídios trisseptados, mono ou bi ou plurisseptados. Depois de 20 dias aparece o clamidoconídio apical ou intercalado. A hifa se caracteriza por um diâmetro de 2,5 a 6 mm, fina e septada, com paredes moles e um conteúdo não homogêneo. Os clamidoconídios medem 8-10 x 10-12 mm, são redondos, subovais ou ovais e seu conteúdo nunca é homogêneo. A temperatura ótima para o crescimento do fungo é de 28º a 30ºC.

Sintomas

Nas plantas doentes murcham os cladódios e as frutas. A eliminação de tecido suberizado e o seccionamento posterior dos vasos de raízes e caule revelam uma cor vermelha que também inclui tecidos do cilindro cortical. A coloração avermelhada é muito evidente na membrana celular do tecido infectado.

Controle

A providência mais efetiva para o controle é a de evitar que o patógeno chegue à plantação, utilizando material de solo e plantas não infectados.

Escamas ferruginosas

Dois diferentes patógenos do gênero *Phyllosticta* foram descritos como os causadores de escamas ferruginosas da palma forrageira. A identificação das diversas escamas ferruginosas é confusa porque sintomas quase idênticos são causados por outros fatores bióticos e abióticos (Goidanich, 1964; Gutiérrez, 1992).

Organismo causador

Os fungos *Phyllosticta opuntiae* e *P. concava* foram registrados, respectivamente, nas áreas do Mediterrâneo e no México.

Muitas espécies que afetam as plantas cultivadas pertencem ao gênero *Phyllosticta*. Geralmente causam pequenas manchas nos cladódios, manchas essas redondas, de cor marrom, com frutificações de fungos em forma de pontos pretos. O picnídio é glabro, subepidérmico e depois se rompe portando um ostíolo. O conídio é unicelular, ovóide ou alongado, mas muito pequeno.

Sintomas

Os cladódios de dois anos são os mais afetados. Apresentam pequenas manchas redondas de cor amarelo-avermelhada que depois se estendem e se juntam, formando, em anos úmidos, umas escamas grandes e eriçadas de cor branco-cinza, degenerando em putrefação.

Controle
O vento e a chuva disseminam os propágulos do fungo. A doença é controlada mediante eliminação das fontes de inoculação através de poda e destruição dos cladódios infectados. Recomendam-se tratamentos preventivos, utilizando produtos à base de cobre no fim do inverno e antes das chuvas de outono (Barrantes del Aguila, 1988).

Podridão algodoeira

O fungo causa uma podridão algodoeira nos cladódios. Em geral a doença não é um problema sério para a palma forrageira e só está um pouco disseminada no Chile.

Organismo causador
O patógeno *Sclerotina sclerotorium* (Lib) de Bary, forma colônias brancas a cinza claro em ágar de dextrose e batata. Não se formam conídios, mas são produzidos esclerócios pretos com 1 cm de comprimento. Esses esclerócios dão lugar a apotécios de cor marrom em forma de xícara que contém ascos com oito ascósporos unicelulares, hialinos e elípticos. Não se formam microconídios, mas eles têm microconídios globulares ligeiramente ovalados, hialinos e oliváceos.

Sintomas
Os cladódios infectados inicialmente se descolorem e depois a cutícula amolece. Os tecidos contaminados pela putrefação se tornam escuros, se escamam e se cobrem com um algodão branco. Nos tecidos infectados rapidamente aparecem vários esclerócios pretos.

Controle
Os cladódios infectados devem ser eliminados e destruídos. É importante evitar que os esclerócios toquem o solo, onde podem permanecer vivos por muitos anos.

Mofo cinza

O mofo cinza é causado por um fungo muito disseminado e polífago. Essas duas características significam que o agente causador da doença está sempre presente na palma forrageira e em locais onde se processam as frutas para embalagem. Como o fungo não pode atacar os cladódios, ele danifica principalmente as frutas depois da colheita e durante a armazenagem. Penetra nas feridas das frutas causadas pela colheita e pelo manuseio para embalagem. A doença é favorecida por condições úmidas.

Organismo causador
O agente etiológico causador do mofo cinza é o *Sclerotina fuckeliana* (de Bary) Fuck. (= *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel, f.c. *Botrytis cinera* Pers.).

O fungo hiberna como micélio em resíduos de tecido vegetal morto, mas também em órgãos vivos. No cultivo ele produz um micélio cinza de crescimento rápido. Os conidióforos são longos, finos, pigmentados e ramificados. As células apicais são alongadas e redondas com cachos de conídios em esterigmas curtos. Os conídios são hialinos ou de cor cinza, mas de cor cinza quando estão em massa, são ovóides (6-8 x 4-11 mm) e unicelulares.

Sintomas
O mofo cinza pode aparecer em qualquer parte da fruta da palma forrageira, mas geralmente tem início nas feridas resultantes da separação da fruta dos cladódios. As partes onde a putrefação ataca não retrai, mas se torna de cor cinza e são circulares. Se se levantar a casca, verifica-se que a polpa

se encontra em decomposição, mole, marrom e claramente separada do tecido são. Na variedade branca da fruta, a parte infectada é de cor cinza-verde, a polpa amolece, mas não apresenta aspecto de podre e de suavidade como nas variedades vermelha ou amarela. Sob condições úmidas a doença progride e transforma toda a fruta numa massa mole e podre. Colônias típicas de *Penicillum* sp. freqüentemente estão presentes na superfície de frutas infectadas.

Controle
O controle do mofo cinza nas frutas da palma forrageira é muito difícil, já que seus próprios espinhos causam várias feridas durante a colheita e a embalagem. Recomenda-se colher a fruta juntamente com uma parte do cladódio para não feri-la.

Outros agentes patológicos tipo fungos

A palma forrageira é hospedeira de muitos outros fungos causadores de danos sob certas condições ambientais e sob certas condições da própria hospedeira (Gutiérrez, 1992; Barrantes del Aguila, 1986, 1988). Registram-se aqui os principais sintomas a considerar para evitar um diagnóstico equivocado.

O *Colletotricum* sp. causa a antracnose de cladódios e frutas. A doença foi constatada no México e consiste de manchas marrom escuras com pontos avermelhados, começando geralmente pelas bordas dos cladódios, estendendo-se ao restante. O fungo é sensível a Captan e sais de cobre.

O *Capnodium* sp. é o agente da fumagina. Se desenvolve exclusivamente na superfície externa de cladódios ou frutas, cobrindo-os com uma película de fuligem composta de micélio e frutificações de conídios. Seu crescimento é favorecido pela alta umidade, altas temperaturas e, sobretudo, por insetos que segregam melanose. O fungo não penetra no tecido, nem provoca um dano direto, mas cobre-o com uma camada escura como fuligem, que afeta a fotossíntese.

O fungo *Macrophomina* sp. é conhecido no México como "Podridão negra". Sua presença é muito freqüente e grave e, em algumas áreas, é capaz de matar 50 porcento das plantas. Os primeiros sintomas são manchas cloróticas na parte externa e verde escuras na parte interna. No fim do verão a casca das manchas racha, devido a uma putrefação semi-aquosa, e se torna preta, o que é seguido de uma perfuração no local da mancha. Para o controle químico recomenda-se fazer 3 a 4 aplicações de Benlate, Captan ou Zineb.

O *Cercospora* sp. provoca feridas circulares necróticas (1-1,5 cm de diâmetro) nos cladódios e nas frutas. É a doença mais séria que ocorre no Peru e a causa de mais de 94 porcento de todas as infecções de plantas. Na superfície afetada dos cladódios, a fotossíntese é reduzida; também se reduz a colonização da cochonilha *Dactylopius coccus*, Costa, o que resulta em menor produção do corante carmim.

O *Aecidium* sp. provoca a doença chamada "Ferrugem" no Peru, especialmente nas variedades amarelas sem sementes. As primeiras infecções são observadas em outubro-novembro e os sintomas aumentam em dezembro-janeiro, aparecendo pequenas manchas cloróticas nos cladódios e nas frutas. Essas manchas se tornam grandes e dão lugar a pústulas com centro cor de laranja. As pústulas deformam a fruta e a área ao redor não amadurece, permanecendo clorótica. Em alguns casos pode haver início de putrefação das frutas.

Os fungos *Phoma* sp., *Cytospora* sp., *Gleosporium* sp., *Mycospherella* sp. e *Pleospora herbarum* sp. são os agentes causadores de manchas necróticas nos cladódios da palma forrageira. Foram detectados em vários países cultivadores da palma forrageira, mas em geral não causam danos graves. Sua taxonomia requer mais estudos.

Doenças tipo micoplasma

Algumas doenças da palma forrageira, que podem ser transmitidas por enxerto quando não se conhece os agentes patógenos, podem ser tratadas com sucesso com drogas à base de tetraciclina. Elas são consideradas doenças procariocinéticas de tipo micoplasma. Esses microorganismos causam alterações no floema e, portanto, há um crescimento debilitado da planta, ela amarelece e a produção é baixa.

Nos vegetais, os micoplasmas são transmitidos por insetos (geralmente cigarras ou psilídeos). O inseto se alimenta de uma planta infectada, ingerindo esses organismos procariocinéticos, que se multiplicam no corpo do inseto até colonizarem suas glândulas salivares. O inseto se torna infeccioso depois de um período de incubação e é capaz de transmitir a doença a outras plantas.

Engrossamento dos cladódios

Essa doença foi registrada no México sob o nome de "engrossamento ou inchamento excessivo dos cladódios" e é um dos problemas mais graves no cultivo da palma forrageira nesse país (Gutiérrez, 1992; Pimienta, 1974).

Sintomas

Os sintomas característicos da doença são um crescimento reduzido da planta, seguido de um engrossamento dos cladódios e uma perda gradual da cor verde. Reduz-se a produção de flores e as que brotam, aparecem na parte plana do cladódio (em cladódios saudáveis as flores aparecem na borda superior).

A produção de frutas em termos de quantidade e peso é baixa. A suscetibilidade à doença depende da variedade da palma forrageira: as mais suscetíveis no México são a 'Burrona', 'Amarilla huesona' e 'Amarilla pico-chulo', sendo as menos suscetíveis a 'Blanca cristalina' e a 'Blanca chapeada'.

Controle

Para as plantações novas deve-se selecionar cladódios de plantas vigorosas não doentes. Durante os primeiros anos de uma plantação de palma forrageira, será necessário eliminar-se as plantas que mostrem sintomas e substitui-las por outras saudáveis. Em plantações adultas deve-se eliminar e destruir as plantas infectadas. Se apenas alguns cladódios estão infectados, sua eliminação através de poda será o mais indicado. Mesmo que essas medidas preventivas não garantam o controle total da doença, elas são efetivas na redução dos níveis de sua incidência.

Proliferação de flores

A proliferação de flores é um desarranjo que só foi registrado no México e em um número limitado de variedades, sejam elas selvagens ou cultivadas. As variedades mais afetadas incluem a 'Amarillo pico-chulo', 'Pelón-liso' e 'Burrona'. A doença está se expandindo no México e pode significar um dano grave para o cultivo da palma forrageira, se não for possível controlá-la por seleção.

Sintomas

A doença se caracteriza por uma produção excessiva de flores em toda a superfície do cladódio, queda prematura das flores (receptáculos) e abscisão prematura dos espinhos. Os cladódios jovens se deformam e pode haver diferenciação de frutas novas em sua parte superior.

Controle
O controle segue as mesmas orientações descritas para a doença do engrossamento dos cladódios (ver acima) (Pimienta, 1990).

DOENÇAS ABIÓTICAS

Deficiências e toxicidade de minerais

Há poucos estudos referentes a deficiências ou toxicidade de minerais na palma forrageira e, conseqüentemente, os desarranjos causados por elas não são muito conhecidos. Essas patologias ocorrem principalmente em plantações comerciais, onde a indução e a fertilização resultam na aparição de deficiências e/ou toxicidades resultantes da alteração do balanço dos elementos nutritivos do solo (macro e microelementos).

DESARANJOS CAUSADOS POR FATORES AMBIENTAS

Danos causados por granizo

Independentemente de quando ocorre, o granizo sempre danifica muito a planta da palma forrageira. As feridas produzidas dependem do tamanho e do estado vegetativo das plantas. Há muitos danos aos cladódios e às frutas, já que eles têm tecidos mais tenros e o granizo produz neles feridas profundas e deformações da fruta. O dano causado por granizo pode cicatrizar se a fruta estiver totalmente formada, mas se ela se encontrar em fase de crescimento, haverá rachaduras. Agentes patológicos de putrefação, como *Penicillium* sp. e/ou *Botrytis cinerea* S. fuckeliana, podem se alojar nessas rachaduras. Além de fungos provocadores de putrefação, certas bactérias causadoras de doenças graves da palma forrageira podem se colonizar ao redor das feridas.

DOENÇAS DE CAUSA DESCONHECIDA

Caspa

Uma das doenças de causa desconhecida que merece atenção é a que se chama de "Caspa" no Chile. Trata-se de um desarranjo dos cladódios e, algumas vezes, das frutas. No fim do inverno e início da primavera aparecem umas "manchas duras" nos cladódios; essas manchas se dilatam e dão à área afetada uma aparência de caspa ou crosta. Os testes de laboratório excluíram como causadores os fungos, as bactérias ou outros elementos bióticos.

MANEJO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA

por **M. Cantwell**

University of California, Davis, California

INTRODUÇÃO

Este capítulo fornece uma visão geral sobre a qualidade, a fisiologia e o manejo pós-colheita de frutas e verdura de *Opuntia* sp. Como a produção e o manejo pós-colheita de frutas e verdura são diferentes, nesta revisão serão abordados em separado.

FRUTAS

Composição e características nutritivas da fruta madura

A fruta é uma baga ovalada ou alongada (tipicamente 100-200 g) que consiste de uma casca grossa carnosa (30-40 porcento do peso total) envolvendo uma polpa suculenta (60-70 porcento do peso total) contendo muitas sementes com uma cobertura dura (5-10 porcento do peso da polpa) (Barbera *et al*., 1992; Borrego-Escalante e Burgos-Vázquez, 1986; Cantwell, 1991; Griffiths e Hare, 1907; Lakshminarayana *et al*., 1979; Pimienta *et al*., 1987; Sáenz-Quintero e Díaz-Cervantes, 1990). Cada espécie ou tipo de *Opuntia* produz frutas de diferentes formas, cores e sabores delicados. Os principais componentes da polpa são água (85 porcento) e carboidratos (10-15 porcento) com quantidades importantes de vitamina C (25-35 mg/100 g) (Tabelas 13 e 14). Pimienta (1990) e Kuti (1992) informam que o conteúdo de vitamina C em frutas maduras varia de menos de 10 a mais de 40 mg/100 g de polpa entre as diferentes espécies de *Opuntia*. A tabela 13 compara a composição da fruta da palma forrageira (*O. amyclaea*) com a da laranja e a do mamão. As sementes da fruta da palma forrageira contêm grande quantidade de proteínas e lipídios, sendo que estes têm cerca de 75 porcento de ácido linoléico (Tabela 14). Em frutas de diferentes espécies de *Opuntia* o teor de proteína das sementes varia de 3 a 10 porcento do peso seco e o teor de lipídios varia de 6 a 13 porcento do peso seco (Pimienta *et al*., 1987).

Desenvolvimento da fruta, índices de maturação e atributos de qualidade

As mudanças típicas das características físicas e da composição química das frutas de palma forrageira são apresentadas das frutas das variedades mais comuns (polpas brancas), colhidas em diferentes estados de desenvolvimento (Tabela 15). Madura, esse tipo de fruta tem uma polpa pálida, quase branca, dentro de uma casca amarela. Os teores de açúcar e vitamina C aumentam consideravelmente durante o processo de maturação, enquanto que a firmeza e o teor de ácido se reduzem.

Tabela 13.
Comparação da composição da polpa da fruta de palma forrageira com a da laranja e a do mamão.

Componente	Fruta de palma forrageira	Laranja	Mamão
Água (%)	85,0	87,8	88,7
Carboidratos totais (%)	11,0	11,0	10,0
Fibras cruas (%)	1,8	0,5	0,8
Lipídios (%)	0,1	0,1	0,1
Proteínas (%)	0,5	0,4	0,6
Cinzas (%)	1,6	0,4	0,6
Cálcio (mg/100 g)	60,0	40,0	20,0
Vitamina C (mg/100 g)	30,0	50,0	50,0
Vitamina A (UI)	50,0	200,0	1.100,0

Fonte: M. Hernández *et al*., 1980. Valor Nutritivo de los alimentos Mexicanos, Instituto Nacional de Nutrición, México, D. F.; USDA Handbook 8-9. 1982. Composition of Foods. Fruits and Fruit Juices.

Tabela 14.
Composição química da polpa e das sementes das frutas de *O. ficus-indica*.

Componente	Polpa da fruta (com base no peso fresco)	Sementes (com base no peso seco)
Água (%)	85,60	5,3
Proteína (N x 6,25) (%)	0,21	16,6
Lipídios (%)	0,12	17,2
Fibras (%)	0,02	49,6
Pectina (%)	0,19	-
Vitamina C (mg/100 g)	22,00	-
β-caroteno (UI)	traços	-
Cinzas (%)	0,44	3,0
Ca (mg/100 g)	28,00	16,0
Mg (mg/100 g)	28,00	75,0
K (mg/100 g)	161,00	163,0
Na (mg/100 g)	0,80	68,0
P (mg/100 g)	15,40	152,0
Fe (mg/100 g)	1,50	9,0

Fonte: Sawaya *et al*., 1983 (modificado).

Os estágios de desenvolvimento e maturação para as frutas brancas podem ser descritos conforme abaixo:

1) Frutas entremaduras: quase completamente desenvolvidas, com uma casca verde claro.
2) Frutas em processo de maturação: a casca começa a apresentar mudança de cor; o desenvolvimento da cor pode variar desde incipiente até 75 porcento da superfície da fruta; as frutas nesse estágio são consideradas ótimas para colheita comercial; os gloquídios começam a cair.

3) Frutas maduras: a casca tem 75 a 100 porcento de cor amarela; as frutas são mais macias que as do estágio 2 acima e se danificam com facilidade durante a colheita.
4) Frutas supermaduras ou passadas: pode apresentar maior intensidade da cor amarela da casca, com pequenas áreas de cor marrom que começam a se formar.

O desenrolar das mudanças descritas para as frutas brancas são semelhantes para frutas de outras seleções ou espécies de *Opuntia* sp. (Barbera *et al*., 1992a; Kuti, 1992; Martínez-Olea, 1986). Em alguns cultivares, as mudanças na polpa da fruta ocorrem sem mudanças externas de cor da casca (Pimienta, 1990).

Para o manuseio comercial, o estado de maturação na colheita é muito importante no que diz respeito à qualidade da fruta. Podem ser utilizados vários índices externos de qualidade, como: 1) tamanho e corpulência, 2) mudanças de cor da casca, 3) queda dos gloquídios, 4) firmeza da fruta e 5) "achatamento" da cavidade floral ou receptáculo. Essas mudanças externas devem se correlacionar com atributos internos de qualidade, mas sua importância relativa varia entre diferentes cultivares. Outras características importantes de qualidade das frutas são: percentual de polpa, espessura da casca e facilidade de sua remoção, e a resistência da casca ao manuseio físico (Wessels, 1988).

Durante os últimos estágios de desenvolvimento, a polpa da fruta acumula rapidamente açúcares (Tabela 16) (Barbera *et al*., 1992; Kuti, 1992; Lakshminarayana *et al*., 1979). Assim, a colheita muito antecipada em relação ao processo de maturação reduz a doçura da fruta e deve ser evitada. Os açúcares predominantes na polpa de uma fruta madura de palma forrageira são a glicose e a frutose, apesar de a casca também conter sacarose (Alvarado e Sosa, 1978). O baixo teor de sacarose em frutas maduras é consistente com a presença de invertases ativas (Ouelhazi *et al*., 1992). Pimienta *et al*. (1987) identificaram vários cultivares em que os açúcares redutores representam apenas 50 porcento do total de açúcares. O teor de ácido orgânico é baixo em comparação com o de outras frutas e os níveis de ácidos se reduzem durante a maturação da fruta (Tabelas 15 e 16). Os principais ácidos orgânicos são o ácido oxálico e o ácido cítrico, com pequenas quantidades de ácido málico e ácido succínico (Barbera *et al*., 1992a).

Tanto a polpa, quanto a casca da fruta da palma apresentam mudanças importantes em sua composição durante a maturação (Alvarado e Sosa, 1978) (Figura 23). As figuras 23A e 23B mostram que as mudanças de sólidos solúveis não se correlacionam necessariamente bem com as mudanças no teor de açúcares, não obstante, em outras pesquisas os níveis de sólidos solúveis se correlacionaram bem com o teor de açúcares (Alvarado e Sosa, 1978; Lakshminarayana *et al*., 1979). O teor de acidez titulável na casca é mais alto que o da polpa; a polpa contém muito pouco ácido em qualquer estágio de desenvolvimento. Enquanto que há uma redução do teor de ácido durante a maturação, os valores do pH da casca e da polpa aumentam (Figura 23C). As mudanças na firmeza da fruta freqüentemente se relacionam com mudanças dos componentes da parede celular e de enzimas, sobretudo pectinas e pectinases (Tucker, 1993). Durante a maturação não houve mudanças do teor de pectina da polpa, ao passo que o teor total de pectinas da casca era maior e se reduziu durante a maturação (Figura 23D). O percentual de pectina solúvel permaneceu relativamente constante durante a maturação (Martínez-Olea, 1986). Bicalho e Camargo (1982) registraram poucas mudanças no teor de pectinas durante a maturação, até que a fruta superamadureceu, quando o teor total de pectinas se reduziu e o de pectinas solúveis aumentou.

Os pigmentos nas frutas das espécies de *Opuntia* são betaínas, sendo o vermelho-violeta betacianina e o amarelo betaxantina (Piatelli, 1976). Esses pigmentos solúveis em água são semelhantes às antocianinas, já que são compostos aromáticos e contêm fragmentos de açúcar. Distinguem-se das antocianinas comuns em função de sua resposta ao pH, seu teor de nitrogênio (Piatelli, 1976) e sua estabilidade ao calor (Merin *et al*., 1987). Há padrões distintos de acúmulo de pigmento na polpa e na casca, dependendo do cultivar (Pimienta, 1990). A polpa de frutas brancas

contém níveis significativos de compostos fenólicos (cerca de 0,4 porcento em peso fresco), mas sua função esperada no desenvolvimento de descolorações da superfície ainda tem que ser estudada (Alvarado e Sosa, 1987; Lakshminarayana *et al*., 1979).

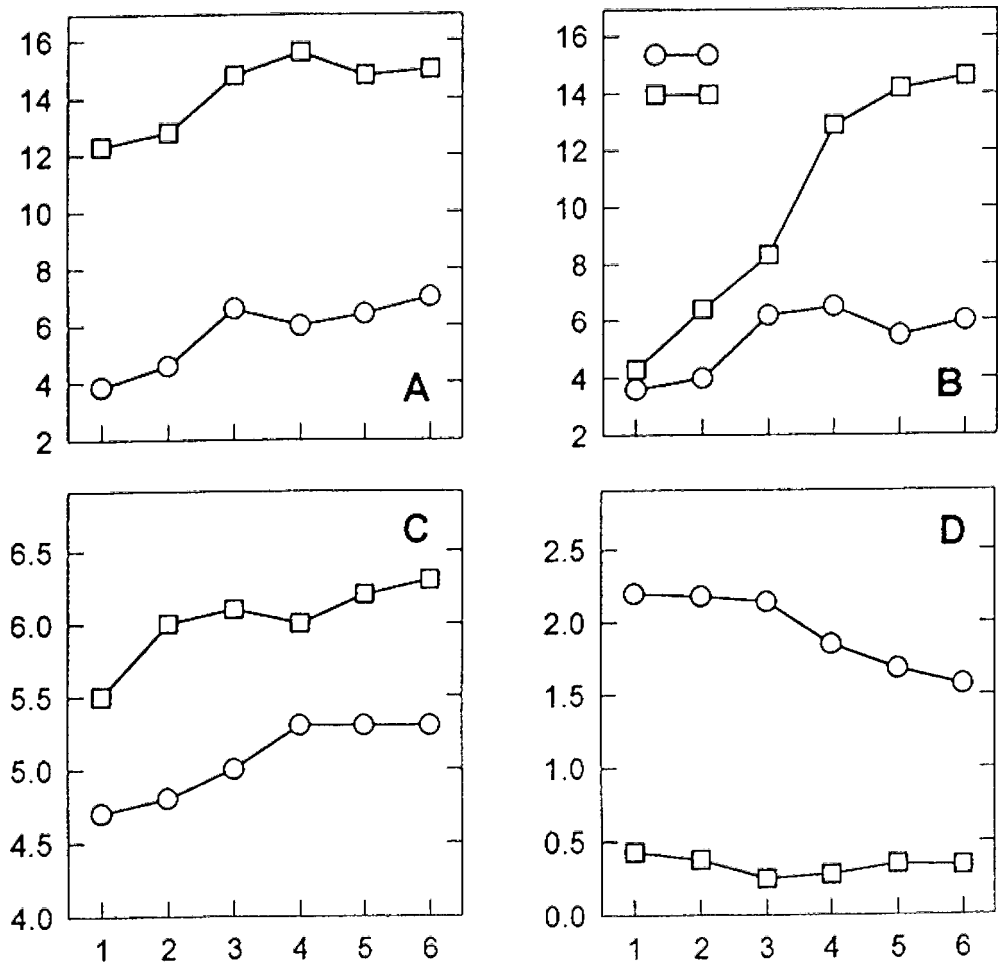


Figura 23. Mudanças nos sólidos solúveis (A), açúcar total (B), pH (C) e teor total de pectina (D) na polpa (símbolos quadrados) e na casca (símbolos circulares) de frutas (*O. amyclaea*, Copena 1) colhidas em diferentes estágios de maturação. O estágio 1 de maturação é o verde entremaduro e o estágio 6 é o supermaduro.
Fonte: Martínez-Olea, 1986.

Tabela 15.
Mudanças físicas e de composição química em frutas de *O. amyclaea*, Copena 18, durante seu desenvolvimento e maturação.

Estágio de desenvolvimento	Peso (g)	Diâmetro mín-máx (mm)	Profund. floral (mm)	Polpa (%)	Firmeza (kg/cm^2)	SST (%)	ATT (%)	pH	Vit. C (mg/100 g)
Não maduro	86	42-44	7,2	44	4,6	7,5	0,08	5,2	12
Entremaduro	102	47-49	3,5	57	3,7	8,8	0,04	6,1	18
Intermediário	105	49-53	1,9	63	2,7	10,1	0,03	6,2	18
Maduro	112	50-54	1,4	65	2,4	11,5	0,02	6,3	26
Supermaduro	108	49-53	1,0	75	2,2	12,5	0,02	6,4	28

Fonte: Montiel-Rodríguez, 1986.

Tabela 16.
Composição química de frutas frescas e armazenadas de *O. amyclaea,* colhidas em vários estágios de desenvolvimento.

Componente	Dias da formação da fruta					
	91	98	105	110	115	120
COLHIDA FRESCA						
Polpa (% peso fresco)	21	40	48	52	59	62
Sólidos solúveis (%)	9,70	13,40	14,60	14,80	15,80	15,50
Açúcares totais (%)	10,8	15,0	15,2	15,8	17,5	16,0
Acidez titulável (%)	0,15	0,11	0,12	0,08	0,05	0,03
pH	5,79	6,00	6,20	6,25	6,10	6,60
Vitamina C	16,3	13,9	21,4	14,1	11,6	22,0
ARMAZENADA 15 DIAS A 20ºC, 60-70% umid. rel.						
Sólidos solúveis (%)	9,4	12,0	14,0	14,6	13,8	14,8
Açúcares totais (%)	0,06	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04
pH	6,00	6,00	6,50	6,60	6,00	6,20
Vitamina C	17,6	15,6	21,8	21,8	21,9	32,3

Fonte: Lakshminarayana *et al*., 1979 (modificado).

As frutas da palma forrageira têm um sabor leve e agradável com diferenças sutis entre as várias espécies. Para um tipo de polpa branca (*O. ficus-indica*), Flath e Takahashi (1978) informaram que a maioria dos 61 voláteis aromáticos identificados também foram encontrados em outras frutas maduras. Constatou-se um grupo diversificado de álcoois e uma baixa concentração de ésteres, éteres, aldeídos e cetonas. O sabor tipo melão, característico desse tipo de polpa branca, foi atribuído a vários álcoois, antes relacionados em perfis voláteis de melão e pepino (Flath e Takahashi, 1978).

Os açúcares e ácidos são os principais contribuintes para o sabor das frutas e sua relação é utilizada com freqüência como índice de colheita e qualidade em diferentes frutas (Kader, 1992). O teor de ácido é muito baixo e nas provas sensoriais foi preferido o suco de frutas de palma forrageira com teor de ácido mais elevado (Sepúlveda e Sáenz, 1990). Chávez-Franco e Saucedo-Veloz (1985) verificaram que as frutas armazenadas de *O. amyclaea* tiveram uma pontuação mais elevada de "doçura" que as frutas de *O. ficus-indica*, embora o teor de sólidos solúveis e açúcares

fosse similar entre elas. Nos estudos sobre a fruta da palma forrageira foram consideradas poucas avaliações sensoriais e Kuti (1992) enfatiza a necessidade de se realizar estudos correspondentes para determinar a preferência do consumidor em relação a diferentes cultivares e estágios de maturação.

Fisiologia da pós-colheita

As frutas da palma forrageira são frutas não climatéricas (Cantwell, 1991; Lakshminarayana e Estrella, 1978; Lakshminarayana *et al*., 1979) com baixas taxas de respiração se comparadas com as de outras frutas (Tabela 17). Moreno-Rivera *et al*. (1979) informaram sobre um padrão de respiração tipo climatérico para pré-colheita em frutas colhidas em diferentes estágios de desenvolvimento. Por outro lado, para os estágios de maturação de colheita comercial, as frutas não apresentaram diferenças em suas taxas de respiração e esta foi se reduzindo lentamente com o tempo de armazenagem (Tabela 18). A produção de etileno pela fruta da palma forrageira é muito baixa; ela é similar para as frutas colhidas em três diferentes estágios de maturação e aumenta ligeiramente durante a armazenagem (Tabela 18).

Os danos mecânicos e as putrefações causam um aumento da respiração e da taxa de produção de etileno (Cantwell, não publicado).

As frutas não climatéricas também se caracterizam pela ausência de amido como reserva de carboidratos; por essa razão não há um aumento significativo do teor de açúcares depois da colheita (Tucker, 1993). Em três seleções de frutas brancas maduras os sólidos solúveis da polpa aumentaram menos de 1 porcento durante a armazenagem a 20ºC durante um mês (Cantwell *et al*., 1985). Esse pequeno aumento dos sólido solúveis foi provavelmente devido à hidrólise de complexos de carboidratos diferentes do amido. Chávez-Franco e Saucedo-Veloz (1985) também mencionam um pequeno incremento em sólidos solúveis para uma seleção de fruta de palma forrageira armazenada a 18ºC. Por outro lado, Alvarado e Sosa (1978) relatam uma ligeira redução em sólidos solúveis e açúcares em frutas de palma forrageira depois de duas semanas de armazenagem a 20ºC. O teor de açúcar das frutas é determinado essencialmente na época da colheita, com alterações muito pequenas na pós-colheita.

A firmeza das frutas (medida na casca carnosa depois de removida a cutícula) se reduz lentamente durante a armazenagem a 20ºC por um período de um mês (Cantwell, 1986). Essas alterações pós-colheita são insignificantes em comparação com o que ocorre em outras frutas (Tucker, 1993). À medida que a fruta se desenvolve e amadurece, a espessura da casca se reduz, ficando mais fácil removê-la (Wessels, 1988). O afinamento e o amolecimento da casca contribuem para uma maior suscetibilidade da fruta palma forrageira a danos físicos durante seu manuseio (Cantwell *et al*., 1985).

Colheita e embalagem

O fato das frutas de palma forrageira serem perecíveis é o resultado, não de seu comportamento fisiológico, mas principalmente do dano físico que sofreu a casca no ponto de corte durante a colheita (Cantwell, 1986; Curtis, 1977; Rodríguez-Félix, 1991; Wessels, 1988). As frutas da palma forrageira estão ligadas aos cladódios frutíferos através de uma articulação que permite girá-las; a habilidade do colhedor e a cultivar determinam se essa técnica é danosa ou não para a base da fruta. Frutas com forma ovalada ou de barril são mais fáceis de colher que as alongadas e, portanto, sofrem menos danos de colheita em sua base. Muitos pesquisadores verificaram alta incidência de danos físicos em frutas de palma forrgeira (Cantwell, 1991; Chávez-Franco e Saucedo-Veloz, 1985; Rodríguez-Félix *et al*., 1992).

Tabela 17.
Respiração máxima e taxa de produção de etileno de algumas frutas climatéricas e não climatéricas a 20ºC.

Fruta	Respiração ($\mu l\ CO_2\ g^{-1}\ h^{-1}$)	Produção de C_2H_4 ($nl\ g^{-1}\ h^{-1}$)
CLIMATÉRICAS		
Abacate	150	100
Banana	50	5
Manga	60	40
NÃO CLIMATÉRICAS		
Laranja	15	0,1
Morango	80	0,1
Fruta de palma	20	0,2

Fonte: Várias publicações.

Tabela 18.
Respiração e taxa de produção de etileno da fruta de *O. amyclaea*, Copena 18, colhida em três estágios de maturação e armazenada a 20ºC e 95% de umidade relativa.

	Produção de CO_2 ($\mu l\ g^{-1}\ h^{-1}$)			Produção de C_2H_4 ($nl\ g^{-1}\ h^{-1}$)		
Estágio de maturação	**2 dias**	**8 dias**	**16 dias**	**2 dias**	**8 dias**	**16 dias**
Entremaduro	21,9±2,9	19,4±1,4	18,4±1,5	0.20±0,06	0,20±0,05	0,25±0,08
Intermediário	20,9±1,6	20,0±2,9	18,6±2,9	0,16±0,06	0,21±0,07	0,26±0,10
Maduro	19,8±3,0	19,0±3,6	19,4±1,4	0,17±0,06	0,20±0,08	0,30±0,10

Fonte: Cantwell, 1991.

Além do cuidado de girar as frutas de palma forrageira em relação aos cladódios, muitas vezes elas são cortadas; com cuidado pode-se cortá-las na articulação ou, então, elas podem ser cortadas com um pequeno pedaço do cladódio frutífero. Nesse caso, a fruta deve ser "curada", isto é, mantida durante um ou dois dias em condições ambientais com corrente de ar para que o tecido do cladódio seque e caia quando da seleção e embalagem da fruta. Essa técnica tem sido empregada para reduzir os danos de frutas vermelhas colhidas na Califórnia e é uma prática comum na Itália. Todavia, em algumas espécies de *Opuntias* não é possível empregá-la, devido à presença de espinhos grandes no cladódio, perto da base da fruta.

Foram desenvolvidos vários instrumentos manuais para facilitar a colheita das frutas. Muitos desses instrumentos constam de uma navalha e uma estrutura que receba a fruta cortada. Também foram desenvolvidos projetos mais avançados e de uso rápido pelos colhedores, constando de ferramentas cortantes e giradores presos a "braços" estendidos leves (Lara-López e Manríquez-Yépez, 1985; Lara-López e Torres-Ledesma, 1986). Lara-López (1992) descreveu uma

colheitadeira não seletiva de disco giratório para frutas destinadas a processamento. Essas ferramentas de colheita provocam certos danos às frutas, similares aos danos resultantes de uma colheita manual cuidadosa (Lara-López, 1992). As dificuldades relacionadas à colheita das frutas da palma forrageira têm limitado sua comercialização e, sobretudo, sua industrialização. É imprescindível o desenvolvimento de ferramentas de colheita mais aperfeiçoadas para, dessa maneira, melhorar a qualidade de pós-colheita para o mercado de frutas frescas.

Outra característica das frutas de palma forrageira que levam a danos mecânicos de pós-colheita é a presença de tufos de gloquídios, pequenos espinhos barbudos de celulose cristalina quase pura (Pritchard e Hall, 1976). A quantidade desses tufos varia muito em função da cultivar de origem. As frutas com muitos gloquídios são mais difíceis de colher; o colhedor tende a evitar os tufos espinhosos, usando apenas dois dedos para colher a fruta, em vez de distribuir a força mais uniformemente entre todos os dedos da mão. O dano à casca em virtude da pressão dos dedos pode não ser visível durante a colheita, mas, geralmente, se torna visível posteriormente em forma de áreas escuras que, freqüentemente, secam e têm uma aparência pouco agradável. Esse tipo de dano reduz a qualidade visual, principalmente no caso de frutas com casca de cor clara.

Os gloquídios começam a cair no decorrer da maturação normal da fruta. Trabalhos preliminares mostraram que compostos geradores de etileno provenientes da junção da fruta com o cladódio afloram e também causam a queda dos gloquídios (Cantwell, não publicado). Outros trabalhos preliminares mostraram que enzimas pectolíticas, produzidas por bactérias, podem amolecer os espinhos e os gloquídios (Fucikovski, 1992). Em áreas produtoras de frutas de palma forrageira, o orvalho e a umidade existente pela manhã previne que os pequenos espinhos se dispersem no ar durante a colheita; em áreas desérticas não há orvalho e os gloquídios são uma ameaça para os colhedores. São necessárias mais pesquisas sobre técnicas que facilitem a eliminação dos gloquídios antes da colheita.

Os gloquídios soltos também podem danificar a superfície das frutas colhidas, causando pequenas áreas escuras ou pardas que aumentam de intensidade com o tempo de armazenagem. A eliminação desses pequenos espinhos imediatamente após a colheita ou na central de embalagem, não resultou em diferença alguma na aparência das áreas escura provocadas pelos gloquídios (Berger *et al*., 1978).

O manuseio para o mercado nacional no México inclui a limpeza da fruta, a classificação por tamanho e cor e a embalagem em caixas com aproximadamente 25 kg. Geralmente os gloquídios são eliminados ao se colocar as frutas sobre a relva ou em áreas cobertas com palha ou sobre tábuas perfuradas onde as frutas são escovadas. As caixas de embalagem das frutas podem ser envolvidas em papel e são transportadas e comercializadas sob condições ambientais. No mercado mexicano as frutas de polpa branca são as mais populares e são comercializadas em quatro categorias, dependendo de tamanho e tolerância de defeitos (Rodríguez-Félix, 1991). Em virtude de manuseio rude, os danos mecânicos às frutas são comuns como defeitos de pós-colheita. Além desses danos, há outros que se originam quando as frutas são transferidas das cestas ou sacos de colheita para caixas, quando as caixas estão sobrecarregadas ou quando as frutas estão mal arrumadas nas caixas cheias. As operações de pós-colheita para frutas com qualidade de exportação requerem um manuseio muito mais cuidadoso e a eliminação dos gloquídios (Figura 24).

As frutas são colhidas com mais cuidado e colocadas em caixas pouco profundas, geralmente descarregadas a seco. As frutas passam, então, por uma série de escovas com aplicação de aspersão de água ou sucção de ar para coletar e remover os gloquídios. Depois de escovadas, as frutas são enceradas, separadas por tamanho (manualmente ou segundo o peso) e embaladas. As frutas muito grandes isentas de defeitos e de cor uniforme são selecionadas para o mercado exportador. As frutas podem ser enroladas em papel e embaladas em camadas simples ou duplas em caixas de papelão com peso aproximado de 5 kg.

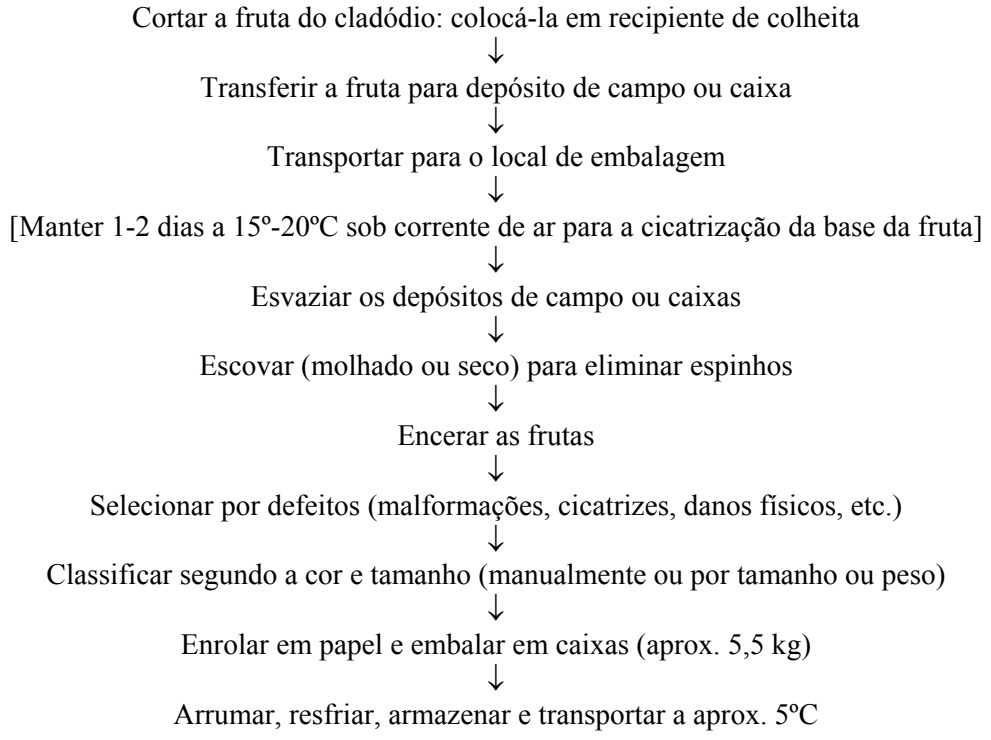

Cortar a fruta do cladódio: colocá-la em recipiente de colheita
↓
Transferir a fruta para depósito de campo ou caixa
↓
Transportar para o local de embalagem
↓
[Manter 1-2 dias a 15º-20ºC sob corrente de ar para a cicatrização da base da fruta]
↓
Esvaziar os depósitos de campo ou caixas
↓
Escovar (molhado ou seco) para eliminar espinhos
↓
Encerar as frutas
↓
Selecionar por defeitos (malformações, cicatrizes, danos físicos, etc.)
↓
Classificar segundo a cor e tamanho (manualmente ou por tamanho ou peso)
↓
Enrolar em papel e embalar em caixas (aprox. 5,5 kg)
↓
Arrumar, resfriar, armazenar e transportar a aprox. 5ºC

Figura 24. Manuseio de pós-colheita da fruta de palma forrageira para mercados internacionais.

Para o mercado de exportação também se utilizam bandejas de plástico com uma ou duas camadas, similares às usadas para kiwi ou pêssego (Wessels, 1988). Exportam-se frutas de palma forrageira de todas as cores de casca ou polpa, embora as frutas de polpa vermelha sejam as preferidas em alguns mercados internacionais (Caplan, 1990; Castilla e Pimienta, 1990).

As frutas são um artigo de "especialidade" nos mercados internacionais, razão porque são úteis os folhetos informativos sobre como descascá-las e usá-las (Caplan, 1990).

Condições de armazenagem e comercialização

Com base em seu estudo sobre os sistemas de comercialização das frutas de palma forrageira, Castillo e Pimienta (1990) estimaram que as perdas de pós-colheita eram de aproximadamente 15%. O dano causado no ponto de junção do cladódio durante colheita facilita o ataque de vários patógenos, o que resulta na putrefação da fruta (Guzmán, 1982). Observações em frutas brancas colhidas cuidadosamente mostraram que 59% das frutas estavam danificadas no ponto de junção; 70% das frutas tinham putrefação nesse ponto depois de um mês, ao passo que putrefações da casca foram constatadas em menos de 18% das frutas (Cantwell, não publicado). Os patógenos de pós-colheita mais freqüentes são: *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Chlamydomyces* sp. e *Penicillium* sp. (Chessa, 1993; Guzmán, 1982). Os tratamentos com água quente (53º-54ºC durante 5 minutos) e com fungicidas contidos em ceras foram sendo informados como efetivos para reduzir a putrefação pós-colheita das frutas (Guzmán, 1982). Não obstante, outros pesquisadores mostraram que esses

tratamentos não são eficazes quando a base da fruta é a principal causa da decomposição de pós-colheita (Rodríguez-Félix, 1992).

A cura ou cicatrização da base da fruta de palma forrageira depois da colheita pode reduzir a putrefação pós-colheita. A cura foi a explicação encontrada por Chávez-Franco e Saucedo-Veloz (1985), que verificaram que as frutas de duas espécies não apresentaram decomposição depois de armazenadas durante 15 dias a 18ºC, mas que havia uma significativa putrefação quando armazenadas a temperaturas mais baixas. Uma técnica tradicional para armazenar frutas sob condições ambientais durante períodos longos, é a de colhê-las com pedaços de cladódios pegados ou de colher o cladódio inteiro com as frutas pegadas e armazenar na condição fresca (Alvarez-Armenta e Cruz-Hernández, 1985; Esquivel-Gómez, 1992; Rodríguez-Félix, 1991). A colheita de frutas com um pequeno pedaço de cladódio é uma prática comercial que protege a parte basal da fruta, reduzindo, assim, a incidência de putrefações.

A perda de água é importante porque afeta a aparência e a textura das frutas, além de causar uma redução no peso de venda. Geralmente os produtos têm sua aparência afetada a partir da perda de 5% de seu peso fresco (Kader, 1992). Para as frutas da palma forrageira foi necessária uma perda de peso da ordem de 8% para que sua aparência fosse afetada (Rodríguez-Félix *et al*., 1992). A perda de peso de uma fruta de palma forrageira em maturação foi de aproximadamente 0,5% por dia a 20ºC e 60 a 70% de umidade relativa, enquanto que a perda de peso em frutas menos maduras foi de 1% por dia (Lakshminarayana *et al*., 1979). A eliminação dos gloquídios em frutas brancas aumentou a perda de peso 50% acima da perda de peso de frutas não limpas. O enceramento reduziu a perda de peso das frutas limpas em quase 75% (Rodríguez-Félix *et al*., 1992). É comum o uso de ceras de alto brilho na Califórnia, mas foram utilizados outros tipos de ceras em frutas para melhorar a aparência e reduzir a perda de peso (Estrella-Bolio, 1977; Guzmán, 1982; Rodríguez-Félix *et al*., 1992).

A armazenagem a baixas temperaturas é um método eficaz para reduzir a perda de peso, pois se reduz o déficit de pressão de vapor de água entre a fruta e o ambiente de armazenagem (Cantwell, 1991; Chessa e Barbera, 1984). A armazenagem de frutas do tipo 'Gialla' a 6ºC e 90-95% de umidade relativa resultou numa perda de peso inferior a 0,2% por dia (Chessa e Schirra, 1992). Outras técnicas para reduzir a perda de peso consideram o uso de coberturas de polietileno nas caixas (uma maneira comum de reduzir a perda de água em muitas frutas e hortaliças). Com o uso do plástico citado normalmente é necessário o uso de papel e outros materiais absorventes, pois, caso contrário, a umidade condensada aumentará a decomposição (Cantwell, não publicado; Rodríguez-Félix *et al*., 1992).

As frutas de palma forrageira são sensíveis ao frio e o dano se manifesta através de pequenas descolorações escuras na superfície e como um "bronzeado" na casca da fruta. Em geral recomenda-se a armazenagem a 5º a 8ºC, o que permite manter as frutas nessa situação durante três a quatro semanas (Cantwell, 1991; Chessa, 1993; Chessa e Barbera, 1984). Chávez-Franco e Saucedo-Veloz (1985) relataram danos devidos ao frio em frutas de *O. amyclaea* e de *O. ficus-indica* armazenados a 8º ou 10ºC durante 15 dias. Chessa e Schirra (1992) relataram o aparecimento de sintomas de danos causados pelo frio em frutas de *O. ficus-indica* 'Gialla' depois de duas semanas a 6ºC. Não obstante, outros pesquisadores consideram que a fruta de palma forrageira é mais tolerante ao frio. Berger *et al*. (1978) armazenaram frutas de *O. ficus-indica* durante um a dois meses a 0ºC e concluíram que elas são relativamente tolerantes à armazenagem a baixa temperatura. Acredita-se que hajam variações na sensibilidade ao frio entre diferentes cultivares e conforme a época da colheita, o que deve ser mais pesquisado.

As técnicas para retardar o início dos sintomas de danos por frio durante a armazenagem a baixas temperaturas incluem o uso de alta umidade relativa, o enceramento da fruta e o aquecimento intermitente (Saltveit e Morris, 1990; Wang, 1990a). No entanto, o enceramento não reduziu os sintomas de danos por frio em *O amyclaea* (Rodríguez-Félix *et al*., 1992). Uma armazenagem

durante 10 dias a 2ºC seguidos de quatro dias a 8ºC reduziu o aparecimento de danos por frio em frutas 'Gialla' num período de seis semanas, em comparação com armazenagem contínua a 6ºC (Chessa e Schirra, 1992). Até o momento, a logística operacional de inserir períodos de calor tem limitado sua aplicação comercial.

As atmosferas modificadas ou controladas são utilizadas para retardar a maturação e outros sintomas de senilidade nas frutas armazenadas (Kader, 1992). As atmosferas com alto teor de dióxido de carbono (> 10 porcento) podem inibir significativamente a putrefação de frutas e a perda de ácidos orgânicos e açúcares (Wang, 1990b). Ainda não foram publicados trabalhos a respeito de armazenagem de frutas de palma forrageira em atmosfera controlada. Os benefícios potenciais das atmosferas controladas incluiriam o controle da putrefação e a redução de mudanças de sua composição.

As pesquisas sobre a avaliação sensorial de frutas armazenadas são muito limitadas. Berger *et al*. (1978) informaram que frutas de *O. ficus-indica* poderiam ser armazenadas durante até dois meses a 0ºC, mantendo o sabor agradável, embora houvesse um ligeiro amolecimento e perda de sabor. Chávez-Franco e Saucedo-Veloz (1985) informaram que não havia diferença no sabor de frutas armazenadas durante 15 dias a 8º, 10º ou 18ºC.

Necessidades futuras de pesquisa e divulgação

Os problemas comuns de qualidade na pós-colheita observados durante a comercialização das frutas de palma forrageira nos Estados Unidos incluem: variabilidade indesejável de forma e tamanho; grandes danos físicos à superfície das frutas e à sua base; putrefação, sobretudo na base da fruta, mas também em sua superfície; superfície com áreas escuras e desidratadas e presença de gloquídios.

As necessidades de pesquisas futuras e extensão são: 1) determinação de índices de colheita e de qualidade para os diversos cultivares; 2) ampliar os critérios de seleção dos cultivares para incluir avaliações sensoriais da colheita e depois da armazenagem; 3) desenvolvimento de ferramentas para a colheita e técnicas para reduzir danos físicos; 4) estudos referentes ao desenvolvimento e eliminação dos gloquídios; 5) avaliação da cura e de outras técnicas para proteger a base da fruta; 6) avaliação das condições de armazenagem para diferentes cultivares; 7) promoção do valor nutritivo e dos usos da fruta.

VERDURA DE PALMA FORRAGEIRA

Qualidade e características nutritivas

A verdura de palma forrageira é tradicionalmente consumida no México, e uma “especialidade” nos Estados Unidos e em outros países; constitui-se dos cladódios tenros e jovens das cactáceas do gênero *Opuntia.* Nas fases iniciais de crescimento há vestígios de folhas verdadeiras associadas a espinhos, mas as folhas geralmente começam a cair na época em que os cladódios chegam à maturação comercial. Os cladódios de palma forrageira (verdura) de boa qualidade são finos, de aparência fresca, túrgidos e têm uma cor verde brilhante. Depois de cortados da planta e picados na mesa, eles podem ser comidos como hortaliça fresca ou cozida, cujo sabor lembra o de feijão verde (Rodríguez-Félix e Cantwell, 1988). Os consumidores dão preferência aos cladódios de determinados cultivares (Pimienta, 1993).

A verdura de palma forrageira se compõem principalmente de água (92%) e carboidratos, incluindo fibra (4-6%), alguma proteína (1-2%) e minerais, sobretudo cálcio (1%). Também contêm quantidades moderadas de vitamina C (10-15 mg/100 g) e o precursor da vitamina A, o β-caroteno

(30 μg/100 g de carotenóides) (Feitosa-Teles *et al*., 1984; Rodríguez-Félix e Cantwell, 1988). A Tabela 19 compara a composição da verdura de palma forrageira com a verdura de alface e espinafre. Como os teores de carotenóides e vitamina C estão entre os da alface e do espinafre, a contribuição da verdura de palma forrageira à dieta pode ser significativa, sobretudo em zonas áridas. O perfil de aminoácidos da proteína da verdura de palma forrageira é semelhante ao de outras verduras (Feitosa-Teles *et al*., 1984). A verdura de palma forrageira pode ser produzida rápida e abundantemente em plantas expostas a altas temperaturas e com pouca água, condições essas pouco favoráveis para a produção de muitas hortaliças de folhas verdes (Luo e Nobel, 1993); Robles-Contreras, 1986).

Como a planta da palma forrageira é uma planta CAM, o teor de ácidos de sua verdura pode flutuar muito durante o dia, afetando seu sabor (Feitosa-Teles *et al*., 1984; Rodríguez-Félix e Cantwell, 1988). A Figura 25 mostra a variação diária do teor da acidez titulável da verdura de *O. ficus-indica* de tamanho comercial (20 cm); a verdura de 10 cm de comprimento não apresentou atividade CAM. A composição química da verdura de palma forrageira varia de acordo com a espécie, as condições de manejo e o estágios de desenvolvimento (Bocalho e Camargo, 1982; Camarillo y Gradeja, 1981; Retamal *et al*., 1987; Rodríguez-Félix e Cantwell, 1988).

A Figura 26 ilustra algumas das mudanças físicas e químicas da verdura de palma forrageira colhidas em diferentes estágios de desenvolvimento.

Tabela 19.
Composição da verdura de palma forrageira fresca, alface e espinafre.

Componente	Verdura de palma forrageira	Alface	Espinafre
Água (%)	91,0	95,5	90,7
Proteínas (%)	1,5	1,0	3,2
Lipídios (%)	0,2	0,1	0,3
Fibras cruas (%)	1,1	0,5	0,9
Carboidratos totais (%)	4,5	2,1	4,3
Cinzas (%)	1,3	0,5	1,8
Cálcio (mg/100 g)	90	19	99
Vitamina C (mg/100g)	11	4	28
Carotenóides (μg/100 g)	30	19	55

Fonte: Dados da verdura de palma forrageira de Rodríguez-Félix e Cantwell, 1988; dados para alface e espinafre de USDA Agric. Handbk 8-11, 1984.

Fisiologia de pós-colheita

As velocidades de respiração da verdura de palma forrageira em diferentes temperaturas de armazenagem estão representadas na Figura 27. A taxa de respiração se reduz nos primeiros dias de armazenagem e depois permanece relativamente constante até o final da durabilidade em prateleira. A verdura de palma forrageira têm uma taxa de respiração moderada, comparável com a de cenouras sem folhas, alface e aipo (Cantwell *et al*., 1992). A taxa de respiração da verdura de palma forrageira de 10 cm é de 25 a 50 porcento maior que a produção de dióxido de carbono da verdura de palma forrageira mais desenvolvida de 20 cm, que têm atividade CAM. As taxas de produção de etileno pela verdura de palma forrageira são muito baixas e similares às taxas de produção de outras hortaliças verdes (Cantwell *et al*., 1992).

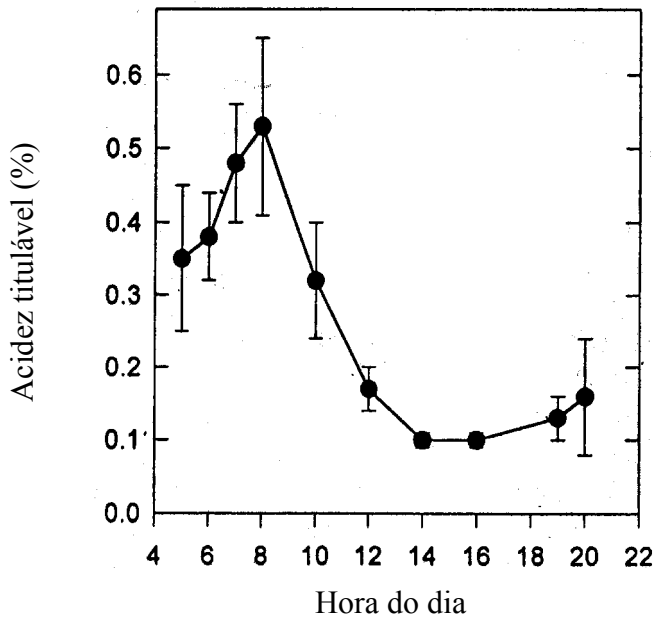


Figura 25. Flutuação diária no teor de ácido titulável da verdura de palma forrageira de 20 cm de comprimento, colhida de *O. ficus-indica* no verão entre 05:00 e 22:00 horas.
Fonte: Rodríguez-Félix e Cantwell, 1988.

O teor de ácidos da verdura de palma forrageira pode ser alterado através das temperaturas de armazenagem pós-colheita. A Figura 28 mostra as alterações na acidez titulável da verdura de palma forrageira de 10 cm e de 20 cm colhidas pela manhã ou pela tarde e armazenados a 20º ou 5ºC. A armazenagem a baixas temperaturas mantém ou aumenta o teor de ácidos, ao passo que a armazenagem a 20ºC provoca uma redução do teor de ácidos.

Colheita e embalagem

A verdura de palma forrageira é colhida comercialmente quando atinge entre 15 e 20 cm de comprimento. Ela é cortada em sua base de união com o cladódio mãe. No México é colhida em cestas e arrumada em volumes cilíndricos com 1,5 a 1,7 m de altura para o transporte sob condições normais aos mercados. Muitas vezes ela é limpa (remoção dos espinhos e cladódios pequenos e, algumas vezes, cortada em pedaços pequenos) antes da venda (Bautista-Castañón, 1982; Fernández-Montes, 1992; Flores-Valdez, 1992; Sánchez-Grados e Alvarez-Ramírez, 1990). Há muita geração de calor pelos cladódios a partir do centro dos volumes cilíndricos tradicionais, o que está associado a uma rápida redução de sua qualidade visual e à abscisão e escurecimento dos pequenos cladódios residuais. Essas condições também favorecem organismos causadores de putrefação, o que geralmente não constitui problema, porque a verdura de palma forrageira é comercializada dentro de dois a três dias depois da colheita. A verdura de palma forrageira produzida na Califórnia ou exportada pelo México é embalada solta em caixas de madeira ou de papelão com 5 a 10 kg. Com o

movimento dentro das caixas, devido ao manuseio, freqüentemente aparecem feridas escuras causadas pelos espinhos.

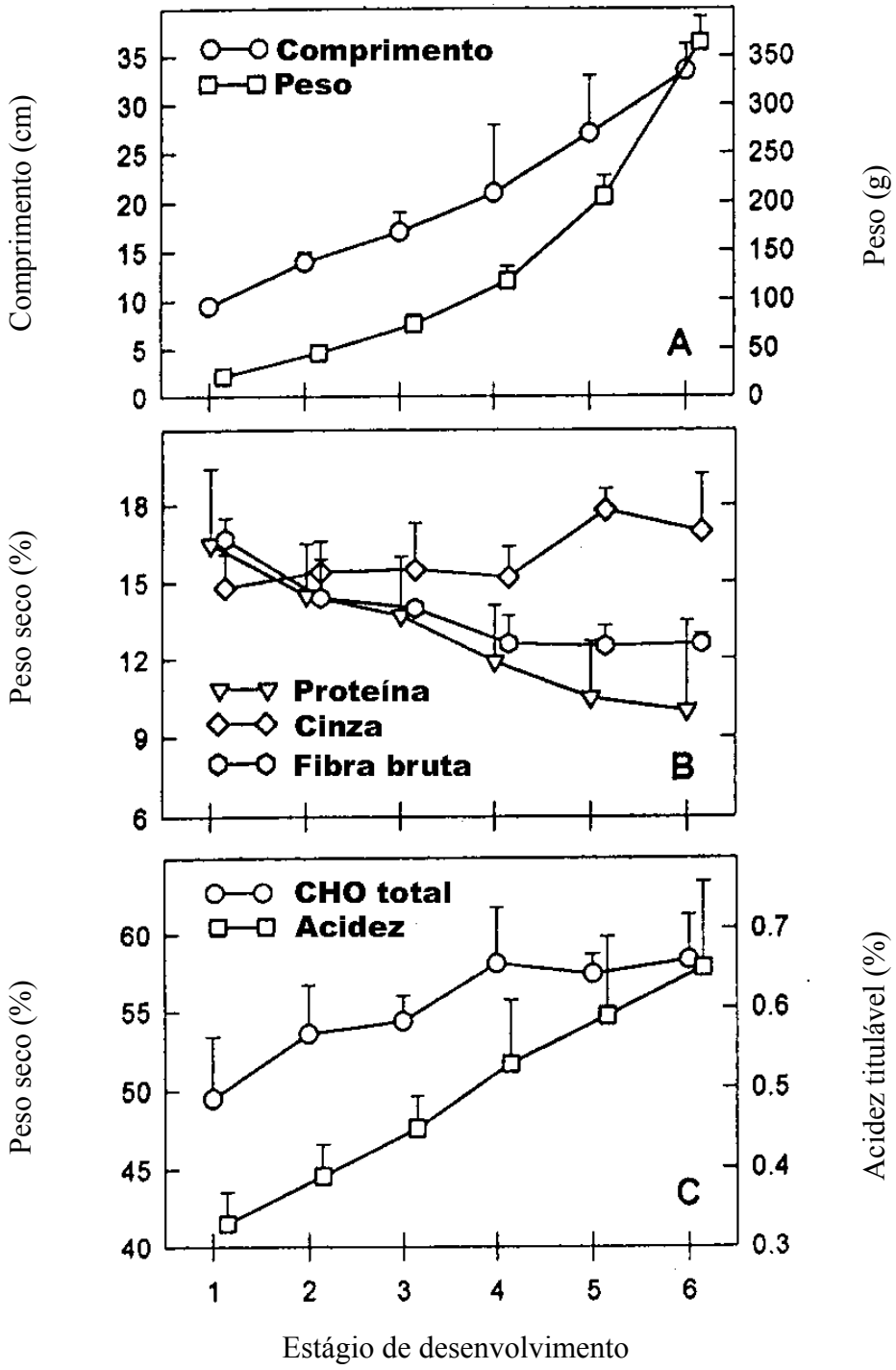


Figura 26. Mudanças no comprimento e peso (A), teor de proteínas, cinzas e fibra bruta (B), e carboidratos totais e acidez (C) durante o crescimento da verdura de palma forrageira. Os dados representam médias de testes feitos para três espécies de palma forrageira, a saber: *O. inermis*, *O. ficus-indica* e *O. amyclaea*. Trata-se de verdura típica colhida comercialmente nos estágios 2 a 4.

Fonte: Rodríguez-Félix e Cantwell, 1988.

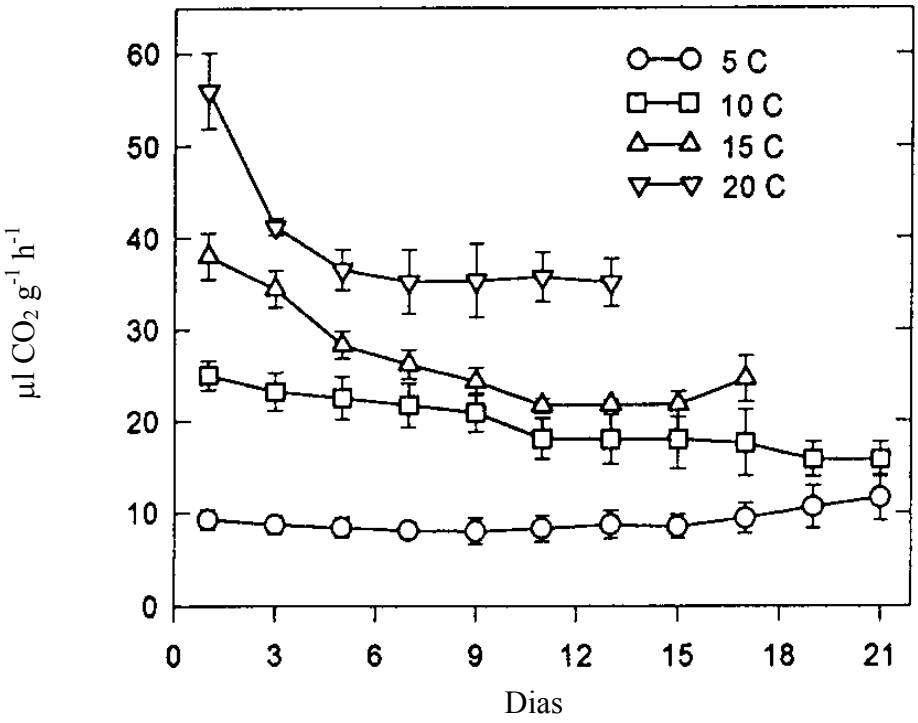


Figura 27. Produção de dióxido de carbono por verdura de palma forrageira de 10 cm de comprimento (*O. inermis*), armazenada 5º, 10º, 15º e 20ºC.
Fonte: Cantwell *et al*., 1992.

Condições de armazenagem e comercialização

A verdura de palma forrageira perde sua aparência brilhante e assume uma cor verde opaca no decorrer do tempo depois da colheita (Cantwell *et al*., 1992). A verdura de palma forrageira armazenada sob condições de ambiente natural também pode amarelar e curvar-se para dentro em virtude da perda de água (Neri *et al*., 1992). Armazenando-se a verdura de palma forrageira entre 5º e 10ºC reduz-se significativamente sua taxa de respiração, aumentando, assim, sua durabilidade pós-colheita na prateleira de menos de uma semana a 20ºC para três semanas a 5ºC (Cantwell *et al*., 1992). A qualidade visual foi mantida por cerca de duas semanas a 10ºC e por três semanas a 5ºC. Depois de uma semana a 20ºC e duas semanas a 15ºC a verdura de palma forrageira começa a envelhecer, se torna preta e cai. A verdura de palma forrageira estava intacta e verde depois de quatro semanas a 5ºC (Cantwell *et al*., 1992). A época e as condições de produção podem afetar a durabilidade da verdura de palma forrageira em prateleira (Aguilar-Becerril, 1990).

Depois de três semanas de armazenagem a 5ºC, a verdura de palma forrageira começa a apresentar sinais de danos pelo frio, sobretudo um escurecimento que se torna um bronzeado difuso pouco atrativo. Os danos pelo frio também são importantes, pois, se forem graves, a verdura de palma forrageira se deteriora rapidamente quando é transferida da armazenagem para a comercialização em temperatura ambiente (Ramayo-Ramírez *et al*., 1978a). Antes de aparecerem os sintomas visuais de danos por frio, o dano de baixas temperaturas se manifesta através de um aumento da taxa de respiração e produção de etileno (Cantwell *et al*., 1992). Parece que há

variações no desenvolvimento dos danos por frio entre os cladódios de diferentes espécies de *Opuntia* e diferentes estágios de desenvolvimento (Ramayo-Ramírez *et al*., 1978a e 1978b; Cantwell *et al*., 1992).

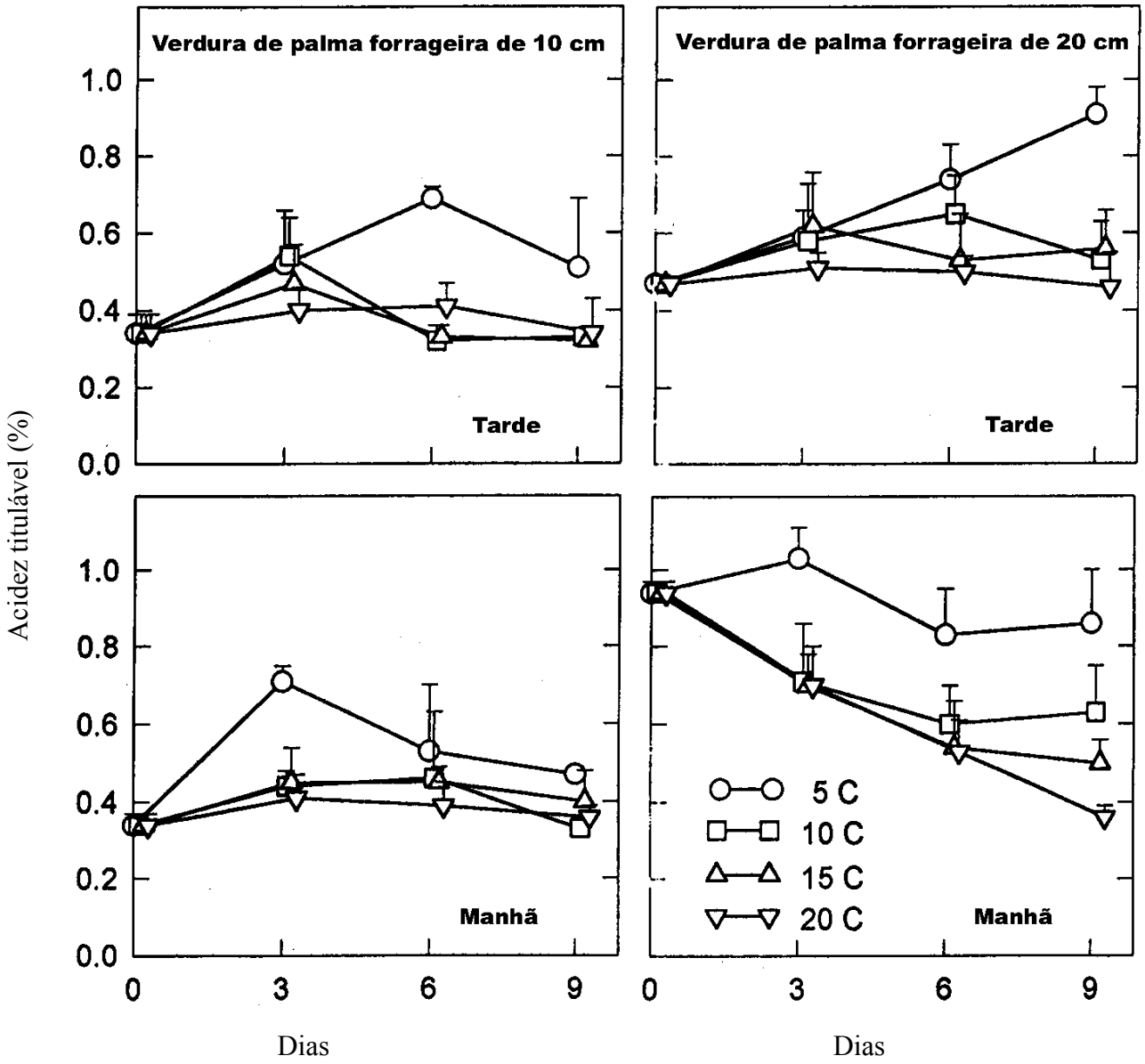


Figura 28. Mudanças no teor da acidez titulável de verdura de palma forrageira (*O. inermis*) de 10 cm (gráficos à esquerda) e de 20 cm (gráficos à direita) colhida às 08:00 (gráficos inferiores) e às 18:00 (gráficos superiores) e armazenada durante nove dias a 5º, 10º, 15º e 20ºC.
Fonte: Cantwell *et al*., 1992.

A decomposição da base da verdura de palma forrageira pode ser um problema se for armazenada por mais de duas semanas. Geralmente se evita a decomposição através da garantia de que não hajam danos quando é cortada do cladódio mãe. As imersões em fungicidas mostraram que o escurecimento marrom da verdura de palma forrageira é reduzido, mas essa técnica não é utilizada comercialmente (Ramayo-Ramírez *et al*., 1978b).

Manuseio de verdura fresca de palma forrageira

As pesquisas recentes se preocuparam em melhorar a durabilidade em prateleira da verdura de palma forrageira limpa e cortada em cubos ou pedaços pequenos, uma forma comum em que é comercializada. Os produtos da fruta ou verdura da palma forrageira limpos e preparados (ou frescos) são populares por sua conveniência, mas também são mais perecíveis que seus correspondentes intactos. A durabilidade de pedaços de verdura de palma forrageira em prateleira foi de um dia à temperatura ambiente e de seis dias a 5ºC (Rodríguez-Félix e Soto-Valdez, 1992). A redução do escurecimento na superfície cortada e a prevenção da perda de fluidos (mucilagem) são os principais problemas no manuseio de cubos de verdura de palma forrageira (Rodríguez-Félix e Soto-Valdez, 1992). Lavar os pedaços não é bom porque a água extrairá a mucilagem das superfícies cortadas (Trachtenberg e Mayer, 1982). É necessário manter a superfície cortada limpa e seca e armazenar os pedaços a baixas temperaturas para otimizar a durabilidade em prateleira. Independentemente da sensibilidade natural da verdura de palma forrageira ao frio, o produto fresco deve ser armazenado entre 0º e 5ºC (Cantwell, não publicado). Os altos teores de dióxido de carbono da atmosfera, utilizados para reduzir o escurecimento em outros produtos cortados (como a alface), também podem ser benéficos para retardar o escurecimento da verdura de palma forrageira cortada (Cantwell, não publicado). Vários tratamentos químicos (inclusive imersões em bissulfito de sódio, ácido cítrico e ácido ascórbico) foram relatados como efetivos na redução do escurecimento da verdura de palma forrageira fresca cortada (Camara-Cabrales *et al*., 1990).

Atividades futuras de pesquisa e divulgação

Os problemas comuns de qualidade observados durante a comercialização da verdura de palma forrageira abrangem: a aparência pouco atrativa dos cladódios espinhosos; a quebra excessiva e os danos mecânicos nos cladódios jovens; escurecimento da superfície das áreas danificadas; decomposição no ápice; amarelecimento do ápice; supermaturação da verdura de palma forrageira e a variação na aparência e espessura da cutícula das cultivares.

As necessidades de pesquisa e divulgação incluem:

1) o desenvolvimento de técnicas de manuseio para reduzir danos físicos;
2) cultivares da verdura de palma forrageira com poucos espinhos e espinhos menos desenvolvidos;
3) melhoramentos das embalagens para uma melhor proteção e uma apresentação mais atrativa;
4) equipamentos para o corte e eliminação dos espinhos;
5) avaliação sensorial de diferentes cultivares da verdura de palma forrageira na época da colheita e depois da armazenagem;
6) avaliação das condições de armazenagem, incluindo temperatura e atmosfera modificada;
7) proteção da base da verdura de palma forrageira, visando prevenir sua decomposição;
8) tratamentos para reduzir as descolorações marrons da verdura de palma forrageira intacta e cortada em cubos;
9) fisiologia e manuseio dos cubos da verdura de palma forrageira;
10) promoção dos benefícios para a saúde e do valor nutritivo da verdura de palma forrageira.

FABRICAÇÃO DE ALIMENTOS E OBTENÇÃO DE SUBPRODUTOS

por **C. Sáenz Hernández**

Universidad de Chile, Santiago, Chile

INTRODUÇÃO

A fruta da palma forrageira geralmente é consumida fresca. Como, porém, se conhece seu valor nutritivo, há interesse em ampliar suas possibilidade de uso. Sua transformação industrial em produtos diversos e atrativos com uma maior durabilidade de prateleira aumenta seu valor.

Também é importante o fato de que essa espécie pode se desenvolver em áreas inadequadas para outras culturas: é uma vantagem em termos de produtos que podem ser obtidos e em termos de oportunidades de emprego que surgem como decorrência. Isso é relevante, especialmente quando se considera que, em geral, o cultivo de Opuntias é realizado em zonas marginais com habitantes de baixa renda.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRITIVO

Vários autores estudaram a composição química da fruta da palma forrageira. Esse conhecimento é essencial para o êxito de qualquer processo tecnológico.

A composição química e mineral descrita por vários pesquisadores pode ser vista nas Tabelas 20 e 21.

Pode-se concluir que a fruta da palma forrageira tem um valor nutritivo similar ao de outras frutas, embora seu teor de sólidos solúveis seja maior que o da ameixa, damasco, cereja, pêssego, maçã e melão (Pimienta, 1990; Schmidt-Hebbel e Pennacchiotti, 1985). A maioria dos açúcares é do tipo redutor, com cerca de 53 porcento de glicose e o resto de frutose (Russel e Felker, 1987; Sawaya *et al*., 1983; Sepúlveda e Sáenz, 1990). Sob esse aspecto, cabe mencionar que a glicose é a única substancia de metabolismo energético das células do cérebro e nervosas e que na fruta da palma forrageira está presente como açúcar livre que é absorvido diretamente pelo corpo. A frutose contribui para um melhor sabor, devido à sua maior doçura (comparada com a da glicose e a da sacarose) e à sua fácil absorção (Cheftel *et al*., 1983).

O poder calorífico de sua polpa é de aproximadamente 50 kcal/100 g (Sawaya *et al*., 1983; Schmidt-Hebbel e Pennacchiotti, 1985), isto é, comparável com o de outras frutas (maçã, pêra, laranja, cherimólia, damasco).

Os teores de proteínas, gordura, fibras e cinzas é similar ao de outras frutas. O teor total de aminoácidos livres (257,24 mg/100 g) é maior que a média de outras frutas; de fato, esse valor só é encontrado nos cítricos e na uva. Uma característica da fruta da palma forrageira é o alto teor relativo de serina, ácido γ-aminobutírico, glutamina, prolina, arginina e histidina e a presença de metionina (Askar e El-Samahy, 1981). A fruta da palma forrageira apresenta alto nível de ácido ascórbico: a concentração de vitamina C é mais alta que a encontrada na maçã, na pêra, na uva e na banana (Cheffel *et al*., 1983; Sáenz, 1985). Rica em cálcio e fósforo, está entre as frutas que contribuem com grandes quantidades de cálcio para o corpo, sendo sua contribuição em fósforo

similar à de cereja, damasco, melão e framboesa. Cumpre mencionar que o cálcio e o fósforo representam três quartos dos minerais do corpo e são fundamentais para os ossos.

Tabela 20.
Composição química da polpa da fruta de palma forrageira (g/100 g).

Parâmetros	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Umidade	85,1	84,0	85-90	85,6	83,8
Proteínas	0,8	0,8	1,4-1,4	0,21	0,82
Gordura	0,7	0,6	0,5	0,12	0,09
Fibras	0,1	3,1	2,4	0,02	0,23
Cinzas	0,4	1,0	-	0,44	0,44
Açúcar total	-	10,5	10-17	12,8	14,06
Vitamina C (mg %)	25,0	20,0	4,6-41	22,00	20,33
β-caroteno (mg %)	-	-	Traços	Traços	0,53

(1) Askar e El-Samahy (1981). (2) Paredes e Rojo (1973). (3) Pimienta (1990). (4) Sawaya *et al*. (1983). (5) Sepúlveda e Sáenz (1990).

Tabela 21.
Composição mineral da polpa da fruta de palma forrageira (mg/100 g).

Mineral	(1)	(2)	(3)	(4)
Ca	24,4	18,0	27,6	12,8
Mg	98,4	-	27,7	16,1
Fe	-	0,42	1,5	0,4
Na	1,1	-	0,8	0,6
K	90,0	-	161	217,0
P	28,2[a]	20,55	15,4	32,8

(1) Askar e El-Samahy (1981). (2) Paredes e Rojo (1973). Sawaya *et al*. (1985). (4) Sepúlveda e Sáenz (1990).
[a] Fosfato PO_4 mg/100 g.

Tabela 22.
Características tecnológicas da polpa da fruta de palma forrageira (g/100g).

Parâmetro	(1)	(2)	(3)	(4)
Polpa e sementes	-	-	48,0	49,6
Casca	-	-	52,0	50,4
pH	5,8	5,3-7,1	5,75	6,37
Acidez (% ácido cítrico)	0,05	0,01-0,12	0,18	0,06
º Brix (SST)	13,2	12-17	14,20	14,06
Sólidos totais	14,9	10-15	14,50	16,20
Pectina	-	-	0,19	0,17

(1) Askar e El-Samahy (1982). (2) Pimienta (1990). (3) Sawaya *et al*. (1983). (4) Sepúlveda e Sáenz (1990).

Além da composição química e do valor nutritivo da fruta da palma forrageira, há outras características que têm uma função importante durante o processamento; sob esse aspecto a fruta da palma forrageira constitui um desafio interessante. O alto valor do pH (Tabela 22) classifica a fruta entre as de baixa acidez (pH>4,5), que requer um tratamento térmico de, pelo menos, 115,5ºC para se obter um bom controle de microorganismos. O valor do pH e o alto teor de sólidos solúveis torna a polpa da fruta de palma forrageira muito atrativa como meio microbiológico. As pectinas, parcialmente responsáveis pela viscosidade da polpa, são um elemento positivo na produção de sucos e geléias.

Sem dúvida, a cor da fruta da palma forrageira, por seus pigmentos (clorofilas e betalaínas em frutas verdes e púrpuras, respectivamente), é um parâmetro importante para determinar sua atratividade e a de seus produtos. Contudo, só recentemente foi estudada sua estabilidade em detalhes (Merin *et al*., 1997; Montefiori, 1990; Sáenz *et al*., 1992a). Alguns componentes secundários, mas nem por isso de menor importância, são os compostos voláteis, responsáveis pelo aroma da fruta e de seus produtos. Entre eles os álcoois representam a maior parte, principalmente o etanol. Há outros componentes mais característicos da fruta, como alguns álcoois não saturados (Flath e Takahashi, 1978), alguns aldeídos não saturados, inclusive o 2,6 nonadienal e o 2-nonenal, encontrados em variedades verdes e púrpuras. De acordo com alguns autores, nas variedades púrpuras predomina o 2-hexenal sobre o etanol (Di Cesare e Nami, 1992).

SUCOS E POLPAS

Um dos usos mais comuns da fruta da palma forrageira são os sucos e as polpas. Uma das primeiras pesquisas sobre suco de fruta da palma forrageira foi realizada por Paredes e Rojo (1973) com a fruta cv. Cardona (*O. ficus-indica*). Utilizou-se o ácido cítrico para reduzir o pH para 4,3, acrescentou-se benzoato de sódio (500 ppm) e se aplicou um tratamento térmico de 5 minutos a 90ºC. Em seguida, enlatou-se o suco a vácuo em latas de folha de flandres esmaltadas. O produto tinha um sabor agradável e não apresentava problemas microbiológicos.

Espinosa *et al*. (1973) estudaram o suco de *O. ficus-indica* e encontraram diversas dificuldades em relação a sua conservação. Apesar de reduzirem o pH a 4,0 com suco de limão e aplicarem um tratamento térmico de 20 minutos a 80ºC, a fermentação acética não se interrompeu e o suco não pode ser conservado. Com base nas características do suco de fruta da palma forrageira, Almendares (1992) realizou estudos, utilizando um processo de concentração a vácuo a 40º a 45ºC e atingindo valores de 60 a 68º Brix. Essas condições combinam com as vantagens de um tratamento a temperaturas baixas e pressão parcial de O_2 baixa, juntamente com uma redução na atividade da água (a_w). A análise microbiológica mostrou que não houve crescimento de bactérias, fungos ou leveduras; em compensação apareceu um ligeiro sabor de "capim cortado", causado, provavelmente, por algumas mudanças nos pigmentos clorofílicos (Pimienta, 1990; Sáenz, observação pessoal).

Em sucos pasteurizados e concentrados de frutas verdes de palma forrageira, em que a clorofila desempenha um papel importante, observou-se recentemente que há mudanças de cor devidas ao tratamento térmico. A cor foi medida mediante utilização dos parâmetros de Hunter correspondentes a luminosidade (L*), contribuição de vermelho-verde (a*) e contribuição de amarelo-azul (b*) (Sáenz e E. Sepúlveda, não publicado). A Tabela 23 mostra a mudança dos parâmetros de cor depois do tratamento térmico.

O incremento em L* se apresentou como uma perda do tom verde brilhante, tornando-se mais escuro e esbranquiçado, sem a aparência inicial de cores marrons. Estudos feitos com sucos concentrados de fruta da palma forrageira em diferentes temperaturas de armazenagem revelaram que à temperatura ambiente o suco se torna escuro, o que se reflete pelo aumento de H* (tom) e C* (croma) (Sáenz *et al*., 1992a). Por outro lado, Sáenz e Costell (1990)estudaram o comportamento reológico de diferentes sucos concentrados de fruta de palma forrageira e verificaram que a maioria deles apresentavam um comportamento pseudoplástico, coincidindo bem com o modelo Ostwald ($r \geq 0,981$). Dependendo do tipo de suco (polpa ou prensado) e do garu de concentração, o comportamento reológico muda para newtoniano em sucos prensados de 40º Brix ou menos.

Tabela 23.
Avaliação dos parâmetros de cor no suco da fruta de palma forrageira submetido a tratamento térmico.

Parâmetros Hunter	Tipo de suco	
	Suco fresco (14º Brix)	Suco concentrado reconstituído (14º Brix)
L*	18,2	25,1
a*	-4,2	-4,2
b*	4,0	3,8
C*	5,8	5,7
H*	-0,76	-0,73

Outros autores tentaram obter sucos clarificados, utilizando enzimas pectinolíticas a 40ºC durante 48 horas, com a adição de ácido cítrico. Os tratamentos térmicos variam, dependendo se o suco está envasado em latas ou garrafas de plástico. Em ambos os casos há mudanças de cor devidas à pasteurização e corrigidas com corantes artificiais (Yagnam e Osorio, 1991).

DOCES EM PASTA, CONGELADOS E OUTROS PRODUTOS

Em vários países foram realizados estudos sobre os produtos da fruta da palma forrageira. Sawaya *et al*. (1983) elaboraram doce em pasta da fruta da palma forrageira, com ou sem branqueamento da fruta; as provas de avaliação sensorial não revelaram diferenças significativas. A fórmula utilizada foi de uma proporção polpa de fruta:açúcar igual a 60:40; 1,25% de pectina; e uma proporção ácido cítrico:ácido tartárico de 1:1. Com referência ao sabor, os melhores resultados foram obtidos mediante adição de cravo, extrato de grapefruit, extrato de laranja e aroma de amêndoa. A adição de polpa de tâmara (20%) também contribui para melhorar o sabor.

Tirado (1986) fez um doce em pasta dos cladódios, em vez de frutas, adicionando suco e casca de laranja e açúcar nas proporções de 1 : 1.5 : 0,8 : 0,08; o doce não apresentou crescimento microbiológico depois de 40 dias de armazenagem. Esse produto não apresentou diferenças em relação a outros doces em pasta disponíveis no mercado mexicano (figo e laranja), nas características como aroma, cor, sabor, textura e aparência.

Badillo (1987) elaborou um doce em pasta, utilizando cladódios, açúcar e ácido cítrico nas proporções de 1 : 0,6 : 0,01 e obteve um produto com boa qualidade sensorial e estabilidade microbiológica.

O processo de enlatamento, conhecido há muito anos, também foi tentado com a fruta da palma forrageira. Foram utilizados recipientes de folhas de flandres e garrafas de vidro; neste

último caso adicionou-se um xarope de 45º Brix se aplicou um tratamento térmico de 15 minutos a 100ºC. Os resultados não ficaram muito claros e alguns deles foram contraditórios; as mudanças de cor e textura da fruta seguramente poderiam ser melhoradas (F. Figuerola, comunicação pessoal; Yagnam, 1986).

Como método alternativo de conservação da fruta palma forrageira, Sáenz *et al*. (1988) produziram fruta congelada, utilizando fatias (0,625 mm de espessura) e quartos de fruta descascada e não descascada. O processo de congelamento foi feito em um túnel de leito fluidizado a -40ºC; as amostras foram armazenadas a -20ºC. Os resultados alcançados não foram satisfatórios porque, no descongelamento, se produzia uma exsudação excessiva, principalmente nas fatias. Esse fato, juntamente com uma significativa perda de textura, contribuiu para a baixa aceitação das três alternativas testadas. É possível que a utilização de crioprotetores possa fornecer resultados melhores.

Outros procedimentos antigos de conservação utilizados amplamente (principalmente no México) são os desenvolvidos para espécies selvagens (*O. streptacantha* e *O. robusta*). Eles incluem a marmelada, preparada com os procedimentos da indústria do queijo e baseada na cocção da polpa e suco até se obter uma certa viscosidade*;* o suco muito concentrado e batido é colocado em recipientes retangulares (geralmente de 1 kg) que são vendidos quando estiverem secos. Para melhorar o sabor, pode-se acrescentar passas e nozes (Flores, comunicação pessoal). Uma indústria alternativa à da marmelada é a preparação de um vinho, obtido por fermentação do suco e da polpa, em barricas de madeira; esse procedimento apresenta certas imperfeições (tal como se usa atualmente) que devem ser evitadas, como a falta de seleção de leveduras, sendo recomendado o uso de *Saccharomyces cereviseae*. Essa bebida de baixa graduação alcoólica, é muito apreciada no estado recém-fermentado, já que se torna ácida muito rapidamente (A. Flores, comunicação pessoal).

Pesquisas posteriores realizadas para a obtenção de bebidas alcoólicas revelam o uso de *Saccharomyces cereviseae* com SO_2 (10 ml/l) e ácido cítrico, reduzindo o pH para 3,3 (Bustos, 1981). Flores (1992) realizou testes para obtenção de vinho e licor de fruta de palma forrageira, o primeiro com 11,6º GL e o segundo com 56,2º GL. Os vinhos das variedades utilizadas (*O. streptacantha* e *O. robusta*) tinham características similares, tipo fruta e um sabor delicado e agradável. O licor também tinha um sabor agradável, com características da fruta, onde prevalecia o aroma original do vinho. Blaisten (1968) produziu álcool de fruta de palma forrageira de diversas variedades do gênero *Opuntia*, obtendo uma aguardente com 43º GL, com características organolépticas únicas e definidas. Retamal *et al*. (1978b) obtiveram álcool etílico, usando cladódios e frutas e diferentes tipos de leveduras do gênero *Saccharomyces*, e encontraram uma conversão de açúcar acima de 90% na fruta e de aproximadamente 60% nos cladódios.

Russel e Felker (1987) mencionam a fruta seca da palma forrageira como outro produto comestível. Num procedimento de desidratação modificado, Ewaidah e Hassan (1992) testaram a elaboração de lâminas desidratadas de polpa de uma fruta de palma do cultivar Taifi. A formulação ótima foi obtida mediante adição à polpa da fruta de: 10% de sacarose, 1,1% de ácido cítrico, 0,15% de metabisulfito de sódio e 0,5% de azeite de oliva. O metabisulfito de sódio melhora a cor e o ácido cítrico produz um sabor acre similar ao das fatias tradicionais de damasco. As lâminas tiveram boa aceitação num grupo pequeno de degustadores que classificaram o produto com uma qualidade de 8 a 9.

A transformação do suco em um xarope edulcorante, mediante um tratamento com enzimas pectinolíticas com alta atividade de arabanasa, foi estudada recentemente (C. S. H. P. Mecklenburg; A. M. Estévez e E. Sepúlveda, não publicado). O produto tem 56% de glicose, 44% de frutose, uma densidade de 1,29 g/ml, uma leve cor amarelo-ouro e uma viscosidade de 27,1 cps. Todas essas características são análogas às de outros xaropes edulcorantes comercializados atualmente.

SUBPRODUTOS

Há muitas opções para obtenção de subprodutos da fruta da palma forrageira; seu uso como matéria prima na agroindústria é ainda mais interessante.

Pode-se obter óleo comestível das sementes com rendimentos de 5,8 a 13,6 % (Sawaya e Khan, 1982; Sepúlveda e Sáenz, 1988). O óleo apresenta um alto grau de não saturação com um alto teor de ácido linoléico (57,7 - 73,4%). Essas e outras características físicas e químicas (tais como índice de refração, índice de iodo, índice de saponificação) fazem-no similar a outros óleos vegetais comestíveis (óleo de milho ou de sementes de uva). Em outro estudo, Sawaya *et al*. (1983) descobriram que a contribuição em proteínas, gordura e fibras das sementes era de 16,6, 17,2 e 49,6%, respectivamente, sendo o último componente consideravelmente mais elevado que em outras sementes oleaginosas.

A obtenção de mucilagem da casca da fruta e dos cladódios de palma forrageira é outra possibilidade interessante para uso alimentício, médico e cosmético. As mucilagens, complexos polisacarídeos, são capazes de absorver grandes quantidades de água, dissolvendo-se e dispersando-se nela para formar colóides viscosos ou gelatinosos. Vários autores estudaram a extração de mucilagem da fruta da palma forrageira (Paulsen e Lund, 1979; Sáenz *et al*., 1992b; Trachtenberg e Mayer, 1981). A mucilagem é composta de arabinose, galactose, ramnose e ácido galacturônico, este último numa proporção de 17,6 a 24,7%, dependendo se provém de frutas ou dos cladódios. Fluxá (1991) observou um efeito do pH sobre a viscosidade numa dispersão da mucilagem, atingindo valores de 58,1 cps com um pH de 6,6.

Por outro lado, há atualmente uma procura por corantes naturais para serem utilizados como aditivos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos; ao que tudo indica, as pesquisas com a fruta púrpura de palma forrageira estão no bom caminho. O corante obtido da beterraba vermelha é bem conhecido pela presença de betaína (o mesmo pigmento encontrado na fruta púrpura da palma forrageira). Montefiori (1990) fez estudos sobre a extração, identificação e estabilidade dos pigmentos das frutas púrpura de palma forrageira e verificou que se pode produzir 16 mg de betanina por 100 g de produto fresco. Strack *et al*. (1987) enfatizam a presença de neobetanina na polpa da fruta, numa proporção betanina:neobetanina de aproximadamente 1 : 2,5 em *O. ficus-indica*.

USOS FARMACÊUTICOS E COSMÉTICOS

Há uma grande quantidade de doenças que, de acordo com a medicina popular (principalmente no México), podem ser combatidas com a palma forrageira. Todavia, poucas aplicações dispõem de bases científicas. Entre elas, cabe salientar os efeitos sobre diabetes melito, hiperlipidemia (excesso de lipídios no sangue) e obesidade (Gulías e Robles, 1989). Frati-Murani *et al*. (1983) estudaram o efeito hipoglicêmico da palma forrageira, concluindo, com os resultados obtidos, que aumenta a sensibilidade à insulina, além de um possível atraso na absorção da glicose. Em outro estudo, Ibáñez-Camacho *et al*. (1983) confirmaram essa ação hipoglicêmica.

O efeito da palma forrageira sobre o metabolismo de lipoproteínas de baixa densidade foi estudado por Férnandez *et al*. (1990), tendo encontrado que o extrato dos cladódios atuaria de maneira semelhante a outros compostos utilizados para reduzir os níveis de colesterol.

O alto teor de fibras nos cladódios da palma forrageira e a alta capacidade de absorção de água da mucilagem explicam o uso atual de certos produtos para controlar a obesidade (cápsulas de palma forrageira desidratada) (M. Robles, comunicação pessoal). Ao exposto cumpre acrescentar a

tendência ao uso de produtos naturais para fins alimentícios e medicinais em algumas áreas de certos países.

Quanto ao uso da palma forrageira em cosméticos, se encontra uma variedade de produtos no mercado (sobretudo no México). Entre eles podem-se citar xampus, loções adstringentes, loções para o corpo, sabonetes, etc. Em alguns casos as fórmulas são conhecidas, mas a maioria delas está protegida por patentes (M. Robles, comunicação pessoal).

Concluindo, a ampla faixa de possibilidades de obtenção de produtos e subprodutos da palma forrageira cria novas oportunidades para as regiões semi-áridas. Não obstante, muitos aspectos relacionados ao processamento da palma forrageira devem ser pesquisados mais profundamente. Sob esse aspecto, trata-se de uma cultura velha e nova ao mesmo tempo, com muitas possibilidades de contribuir para a alimentação humana, a medicina e outros campos, principalmente no caso dos habitantes de baixa renda em várias partes do mundo.

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGEM

por **P. Felker**

Texas A & M University, Kingville, Texas

INTRODUÇÃO

Há um bom número de excelentes trabalhos regionais dedicados ao uso da palma forrageira para fins de forragem no norte da África (Monjauza e Le Houérou, 1965), na África do Sul (De Rock, 1980; Wessels, 1988), no México (Flores-Valdez e Aguirre-Rivera, 1979; Fuentes-Rodríguez, 1991; Borrego-Escalante e Burgos-Vázquez, 1986), no Brasil (Domingues, 1963) e nos Estados Unidos (Russell e Felker, 1987; Hanselka e Paschal, 1989; Felker, 1990, 1991, 1992). Muito desses trabalhos se baseiam nos trabalhos clássicos de Griffiths, do início do século no Texas (1905, 1906, 1908, 1915).

Em vez de fazer uma revisão histórica dos usos através do mundo, tentar-se-á aqui sintetizar as experiências de várias épocas e regiões, visando recomendações comuns para seu uso e manejo. Também serão feitas recomendações para pesquisas no sentido de melhorar a utilização da palma como forragem para o gado.

A *Opuntia* tem sido administrada como alimento a gado de leite e de corte, a bois, ovelhas e porcos (eliminando os espinhos com cuidado), mas não a cavalos (Griffiths, 1905). Devido à forte predação das *Opuntias* sem espinhos por coelhos, parece ser possível utilizar essas plantas sem espinhos na dieta desses animais e de outros roedores. Na Índia, os periquitos causam sérios danos às opuntias sem espinhos, por comer as bordas dos cladódios (Felker, observação não publicada).

Apesar da utilidade da palma forrageira como alimento, tem havido certos problemas. Embora tenha sido considerada de valor para o gado no sul do Texas, no noroeste desse estado, onde chove menos e as palmas forrageiras são menores, houve dificuldades. Nessa região, as cabras e ovelhas começam comendo as frutas e, depois, os cladódios de palmas forrageiras sem que tenham sido eliminados os espinhos. Em conseqüência, os espinhos e os gloquídios se alojam no trato gastrointestinal desses animais, causando feridas que, posteriormente, desenvolvem infecções bacterianas (Merril *et al*., 1980; Magaki *el al*., 1969).

Por outro lado, na região semi-árida do nordeste do Brasil a palma forrageira sem espinhos é cultivada em cerca de 300.000 ha para fins de forragem (Domingues, 1963). Na primavera de 1993, Felker observou que, como resultado da seca, não houve germinação do milho, mas que a cada 10 km havia uma plantação viva de palma forrageira sem espinhos em crescimento, ocupando uma área de 2 a 10 ha.

As plantações de palma forrageira sem espinhos no Brasil estão protegidas com uma cerca padrão de arame ou madeira com 1,2 m. Em contrapartida, no Texas e no norte do México as plantações de palmas forrageiras sem espinhos devem ser bem protegidas (com cercas de arame de 2,4 m de altura e malha de 5 cm na base) contra herbívoros, como coelhos, ratos e animais selvagens (especialmente veados e caititus). Em outros países as ovelhas, as cabras e o gado podem ser um problema. O uso de cercas elétricas pode permitir que o gado coma apenas uma fileira da plantação de palma forrageira sem espinhos de cada vez.

Se as plantações de palma forrageira sem espinhos necessitam de proteção, os tipos com espinhos não precisam de cercas; todavia, antes de fornecê-los como alimento para o gado ou ovelhas é necessário eliminar os espinhos com um lança-chamas ou vassoura-de-fogo (conhecido como queimador de palma forrageira no Texas). Assim, o lança-chamas é o instrumento de trabalho que permite ao rancheiro decidir quando e como utilizar seus recursos em dado momento.

Considerando as exigências do Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos, a palma forrageira selvagem com espinhos não atende às exigências em termos de proteínas, mas as excede em termos de Ca. A palma forrageira tem um alto percentual de nutrientes totais digeríveis (cerca de 60-70 porcento) e água. As exigências do gado e das ovelhas por água se reduz drasticamente quando os cladódios da palma forrageira constituem a maior parte da dieta.

Como o percentual de proteína crua e de determinados nutrientes minerais é baixa, torna-se necessário complementar a dieta com proteínas e traços de outros elementos. Em geral, uma porção de proteína de semente de algodão, 0,4 kg de uma mistura balanceada de sais minerais e 45 kg de palma forrageira suprirão o necessário e suficiente para que uma vaca cresça, se reproduza e dê leite. Forragens secas também são adicionadas a essa dieta para reduzir o teor de umidade da matéria fecal.

USOS HISTÓRICOS

"A palma forrageira, que cresce tão abundantemente em nossas pradarias do oeste, está se transformando no alimento favorito para o gado ..... as pobres ovelhas engordam com ela em 12 dias e a comem com prazer ..... Ele corta a palma, queima os espinhos e corta em pedaços ..... e alimenta suas ovelhas em manjedouras estreitas e compridas. Duas ou três libras por dia são suficientes para uma ovelha. Duas cargas de palma forrageira alimentariam 2.000 ovelhas ..... Duas pessoas podem alimentar milhares da cabeças". Corpus Christi (Texas) Caller Times, 22 de março de 1883. (Citado em V. Lehman, 1969).

A literatura sobre os usos da palma forrageira pelo gado é muito fantasiosa. Durante a guerra civil nos Estados Unidos, as carroças carregadas com algodão eram puxadas por bois para o único porto seguro de exportação no sul do Texas (Brownsville). A rota passava por extensas áreas com opuntias espinhosas; as cactáceas eram chamuscadas com tochas e cortadas ou despedaçadas com um machado, uma espada ou um facão para alimentar os bois (Griffiths, 1905). Em virtude do alto teor de água contido nos cladódios da palma forrageira, os bois só necessitavam beber água uma vez por semana durante o inverno e duas ou três vezes por semana no verão.

No início do século vinte, no Texas utilizavam-se queimadores de mochila para eliminar os espinhos da palma forrageira e dá-las de comer ao gado (Pluenneke, 1990). Nos anos trinta havia disponibilidade de querosene e ele substituiu a gasolina branca utilizada anteriormente. Nos anos cinqüenta apareceu o gás butano no sul do Texas. Em seguida, o gás propano líquido era carregado em caminhonetes equipadas com múltiplas mangueiras (Pluenneke, 1990).

As palmas forrageiras sem espinhos foram introduzidas na África do Sul para fins de alimentar o gado depois do trabalho de Burbank na Califórnia (De Kock, 1980). Os sulafricanos distinguem entre as variedades de cladódios verdes (i.e., *O. ficus-indica*) e as variedades de cladódios azulados *O. robusta*. São reconhecidos três cultivares de cladódio azulado (*O. robusta*): 'Robusta', 'Monterrey' e 'Chico'. A 'Robusta' e a 'Monterrey' dão os mais altos rendimentos, enquanto que a 'Chico' é mais tolerante ao frio. Todavia, no Texas as três variedades se congelaram até a base durante a geada do Natal de 1993, quando a temperatura baixou -12ºC.

PRODUTIVIDADE

Muitos dados têm sido publicados a respeito da produtividade da palma forrageira destinada a forragem, tendo sido informadas produções muito altas. Não obstante, a maior parte desses dados não foi obtida através de experiências repetitivas com um controle adequado sobre a influência dos efeitos marginais. Portanto, deve-se ter cuidado com esses resultados para fins de estudos econômicos. Como não há muito o que fazer em relação às experiências já realizadas, deve-se utilizar os seguintes critérios em experiências novas:

1) Para cada lote deve-se fazer a experiência pelo menos três vezes (de preferência quatro);
2) Para extrapolação da produção por hectare, devem ser utilizados os dados do centro do lote e este deve estar rodeado por fileiras marginais (no mínimo em dois lados do mesmo lote);
3) Os métodos adotados para determinação do peso seco devem ser informados. É importante saber-se o tempo de secagem, a temperatura de secagem e se as amostras foram pesadas até que se obteve um peso constante. Se só for informado o peso fresco, pode-se utilizar um percentual de 6 a 17% para se obter o peso seco.

As altas taxas de produtividade de forragem de *Opuntia* (exemplo: > 80 ton/ha) obtidas em pequenos lotes experimentais (< 100 m^2) são difíceis de obter na prática. É provável que a principal causa que afeta a produtividade de *Opuntia* sp. em plantações forrageiras é a presença de outra vegetação concorrente (ervas daninhas). Felker e Russell (1988) registraram um aumento de 30 porcento na produtividade de *O. lindheimerii* quando se controla as ervas daninhas mecânica e quimicamente.

Numa viagem de campo no Brasil foi observada uma seca severa, mas plantações novas e plantações com pouca vegetação entre as fileiras eram as que apresentavam um crescimento túrgido. De outra parte, plantações com muita vegetação arbustiva e herbácea entre as fileiras apresentavam pouco crescimento e os cladódios existentes estavam flácidos.

Em lotes experimentais no Texas, utilizou-se uma solução de 1,5 a 2,0 porcento de glifosato (Roundup) para matar as ervas daninhas existentes e um herbicida pré-emergente, tebuthiuron (2-4 kg/ha), foi usado para prevenir seu ressurgimento. Com essa dose o tebuthiuron controlará as ervas daninhas durante vários anos, mas é muito tóxico para as árvores (acácia, *Prosopis* e *Quercus*) e não pode ser aplicado quando se deseja produzir árvores e palmas forrageiras ao mesmo tempo.

Em países em desenvolvimento, onde não é possível o uso de herbicidas, a palma forrageira pode ser cultivada em espaços suficientemente amplos para permitir o manejo do solo com animais ou a intercalação de outras culturas.

Griffiths (1908) descreveu o manejo do solo com animais e observou que os campos não cultivados estavam murchos depois de uma seca severa, ao passo que os lotes cultivados não apresentavam sintomas visuais de deficiência de água. Aparentemente o cultivo intercalado utiliza menos água que as ervas daninhas em virtude do fato de que ele só cresce durante 90 a 120 dias e, normalmente, utiliza muita água durante o último terço de seu ciclo, quando o índice foliar é alto.

Obviamente, se se tem opuntias com espinhos para a produção de forragem, pode-se utilizar o gado para eliminar a vegetação herbácea concorrente.

Tendo salientado as dificuldades práticas para se atingir todo o potencial produtivo da palma forrageira, convém revisar as taxas máximas de produção obtidas nas experiências com forragem de Opuntia. Barrientos (1965) desenvolveu um clone especial de forragem denominado Copena F1, cuja produtividade foi estudada em várias regiões perto da Cidade do México. Quando se utilizou um espaçamento de 1 x 0,25 m com 100 ton de esterco, 200 kg/ha de N e duas colheitas por ano, obteve-se um peso fresco de 400 ton por ano. O peso seco correspondente seria de aproximadamente 40 ton/ano. Infelizmente não estão disponíveis todos os detalhes acerca dessa experiência. Outro estudo mexicano (Blanco, 1957) recomendou que não se colhesse mais de 40 porcento da planta em cada colheita e que só se fizessem colheitas a cada dois anos. Blanco (1957)

indicou que a produção se situou entre 100 e 200 ton de peso fresco por ano (aproximadamente 10-20 ton de peso seco).

Existem dados de produtividade de uma experiência em que González (1989) examinou o tratamento com oito níveis de fertilização de *O. lindheimerii*, espécie espinhosa e nativa do Texas. Os cladódios foram plantados, colocando-se dois a três em cada cova e com espaçamento de 102 x 46 cm; os lotes eram de 12 x 12 m e foram repetidos quatro vezes. A média anual de precipitações foi de 430 mm. O crescimento foi lento durante os dois primeiros anos, mas no fim do quarto ano, a biomassa seca de dois lotes com nitrogênio e fósforo altos era de 208 e 248 ton/ha, ou seja, uma taxa anual de 52 ou 62 ton/ha. Essas taxas de crescimento são claramente comparáveis com as de qualquer outra espécie forrageira sob esse nível de precipitação. Mesmo essas produtividades parecem extraordinariamente altas e é possível que, depois de quatro anos, as palmas forrageiras estivessem suficientemente grandes para criarem um efeito de margem. Quando se colheu uma parte "representativa" de 3,3 m de comprimento de uma plantação de 50 ha de *O. lindheimerii* sem fertilização, verificou-se que continha 96.000 kg/ha de peso fresco (Kay e Kay, 1990). Embora essa produtividade seja mais baixa, estimou-se que valia US$ 434 em valor alimentício para o gado (Kay e Kay, 1990).

De Kock (1980) verificou na África do Sul que as palmas forrageiras sem espinhos respondem excepcionalmente bem a regas simples durante os meses de verão. Foram obtidos 10.500 kg de matéria seca com regas de 350 mm mais 178 mm de chuvas para uma entrada total de água de 483 mm.

LIMITANTES AMBIENTAIS

É importante saber que no planalto central do México (de onde muito provavelmente se origina a palma forrageira de crescimento rápido com e sem espinhos) não há temperaturas extremas altas ou baixas. Nessa região é raro que a temperatura atinja +40º ou -12ºC. A adaptação das variedades sem espinhos *O. ficus-indica* e *O. robusta* no Texas e outros climas continentais é impossível devido à falta de tolerância a períodos contínuos de 10-20 horas com temperaturas abaixo de -7ºC. A *O. ellisiana* sem espinhos descrita por Griffiths (1915) é totalmente tolerante a 20 horas a uma temperatura abaixo de -7ºC, com mínimas de -16ºC. Infelizmente essa espécie sem espinhos é de crescimento muito lento em comparação com a *O. ficus-indica* e a *O. robusta*. Em 1993 completaram-se os dois primeiros anos de um estudo de quatro anos sobre a produtividade de biomassa-eficiência do uso da água em *O. ellisiana*. Nos primeiros anos a produtividade de biomassa seca foi de apenas 1.600 kg/ha, mas a biomassa seca no fim do segundo ano foi de 6.500 kg/ha. Como o índice de área dos cladódios no fim do segundo ano foi de apenas 0,39, não se esperava uma produtividade alta de biomassa (Huien, 1993).

A *O. polyacantha*, tolerante ao frio, mas de tamanho pequeno, foi uma fonte significativa de forragem para os antílopes em Alberta, Canadá, depois de um incêndio dos pastos que queimou os espinhos das palmas forrageiras (Stelfox e Freind, 1977).

Para muitas das regiões semi-áridas, isso mostra o potencial da produção de forragem das opuntias com melhoramentos genéticos e de manejo.

Não se sabe como as opuntias de crescimento rápido e sem espinhos tolerariam as altas temperaturas contínuas e os baixos níveis de umidade como os existentes em Niamey, Nigéria ou Kartum, Sudão, onde as médias das temperaturas máximas diárias no mês de abril são de 42º e 45ºC, respectivamente.

As experiências de campo com coleções de diversidade genética são a única maneira de responder a essas perguntas. Se for possível produzir forragem nesses lugares da África, os benefícios para essas regiões seriam imensos.

QUALIDADE NUTRITIVA

Vários pesquisadores analisaram a qualidade nutritiva da forragem de *Opuntia* para fins de alimentação animal (Griffiths e Hare, 1906; Shoop *et al*., 1977; De Kock, 1980; Meyer e Brown, 1985; Retamal *et al*., 1987a).

Em geral as opuntias foram consideradas com alto teor de umidade (cerca de 85 porcento), alta digestibilidade *in vitro* (cerca de 75 porcento), mas com baixos teores de proteínas (Tabela 24).

Enquanto há muitas informações a respeito dos teores de proteínas e minerais de opuntias destinadas à produção de frutas, há poucas informações sobre a digestibilidade ou energia metabolizável que sirva para a formulação de rações animais.

Os dados sobre proteínas e minerais de plantações destinadas à produção de frutas mostram grandes variações, de acordo com a idade da planta (Gregory e Felker, 1992), a fertilidade do solo (González, 1989; Gathaara *et al*., 1989) e a época do ano (Retamal *et al*., 1987a).

Sob o ponto de vista da nutrição animal, outras vantagens não salientadas das opuntias são seu alto conteúdo de vitamina A e seu alto teor de água (na literatura animal há poucos dados sobre a concentração dos precursores dos carotenóides, mas Rodríguez e Cantwell (1988) mencionam 29 μg de carotenóides e 13 mg de ácido ascórbico por 100 g de cladódios não maduros utilizados para consumo humano). Na África do Sul, por exemplo, as ovelhas não tiveram necessidade de beber água, graças aos altos teores do líquido nos cladódios de *Opuntia*. Onde a água é escassa, em regiões propensas a secas, o líquido contido nas cactáceas pode ser muito benéfico. Embora os cladódios não sejam grandes portadores de vitamina A (comparadas com alfafa, capim bermuda fertilizado, etc.), freqüentemente são a única fonte disponível de matéria verde seca durante os períodos de seca. Assim, as plantas que normalmente estariam verdes durante a época de chuva, estão marrons na temporada de seca. É nessa época que as opuntias, com um conteúdo normal de portadores de vitamina A e alto teor de água são bem vindas como algo adicional à dieta dos animais.

O perfil dos aminoácidos nos cladódios de *Opuntias* não é de grande importância caso eles sejam fornecidos como alimento a animais ruminantes, já que os microorganismos desses animais podem sintetizar os aminoácidos necessários. Todavia, se os cladódios de *Opuntias* serão usados como alimento por não ruminantes ou por humanos, a composição de aminoácidos das proteínas será de interesse. Teles *et al*. (1984) verificaram que a composição de aminoácido hidrolizável em cladódios não maduros de *Opuntia* tinha um valor biológico de 72 (comparado com um valo de 100 dos ovos).

Infelizmente há poucas informações quantitativas disponíveis sobre a energia metabolizável e sobre a digestibilidade *in vitro* ou *in vivo* para estudos em animais. Os dados existentes são, principalmente, de opuntias selvagens do Texas e do Colorado e não sobre a *O. ficus-indica* que é tão utilizada nos trópicos semi-áridos. Apesar de Everitt e González (1981) terem descoberto que a *O. linheimerii* no Texas tinha um dos teores mais baixos de proteínas (6%) entre várias espécies forrageiras, sua digestibilidade de matéria seca era a mais alta (76%). Essa alta digestibilidade foi confirmada por Meyer e Brown (1985), que descobriram que a *O. lindheimerii* tinha uma alta digestibilidade (75%) durante todo o ano e maior que a de outras nove espécies consideradas em seu estudo.

Shoop *et al*. (1977) fizeram uma análise exaustiva da forragem da pequena *Opuntia polycantha*, encontrada nas fazendas do Colorado. Enquanto que a forragem da *Opuntia* tinha menos proteína crua (5,3%) em comparação com o pasto seco (5,7%) ou alfafa (16,8%), ele tinha uma energia de digestibilidade (2,61 Mcal/kg) equivalente ao do pasto seco (2,08 Mcal/kg) e à da alfafa (2,64 Mcal/kg). Comparado com a feno da alfafa, o da *O. polycantha* tinha o equivalente a 85% de fibra detergente neutra, 70% de fibra detergente ácida e 15% de celulose, mas continha 55% a mais de hemicelulose e 40% a mais de carboidratos solúveis. Cumpre salientar que a *O. polycantha* é uma espécie não selecionada e seria uma ferramenta muito útil obter-se os mesmos

dados para a *O. ficus-indica* e espécies afins, que são de crescimento mais rápido e são mais utilizadas.

Tabela 24.
Valores típicos da composição dos cladódios da palma forrageira utilizados como alimento animal.

Teor de umidade	85-90
Proteína crua (%)	5-12
Digestibilidade matéria seca *in vitro* (%)	75
Digestibilidade *in vivo*	
Proteínas (%)	72
Matéria seca (%)	62
Fibras cruas (%)	43
Matéria orgânica (%)	67
P (%)	0,08-0,18
Ca (%)	4,2
K (%)	2,3
Mg (%)	1,4
Energia (Mcal/kg)	2,61
Carotenóides (μg/100 g)	29
Ácido ascórbico (mg/100 g)	13

Woodward *et al*. (1915) fizeram um estudo detalhado de dois anos sobre o valor da palma forrageira espinhosa nativa do Texas como forragem para o gado de leite. Como esse trabalho foi feito há muito tempo, as medidas de energia (termos) e de proteína (albuminóide) são diferentes das utilizadas atualmente. Nesse estudo os espinhos foram queimados com uma tocha de gasolina e a palma forrageira foi partida a mão. As vacas leiteiras da raça Jersey foram alimentadas com 45 a 68 kg diários, mais 1 kg de sementes de algodão. Os cladódios da palma forrageira causaram um aumento na quantidade de leite produzido e uma redução no percentual e quantidade total de gordura. A análise da matéria fecal revelou que a digestibilidade dos cladódios da palma forrageira era de 62% para matéria seca, 38% para cinzas, 72% para proteína crua, 71% para extrato livre de nitrogênio, 66% para extrato de éter e 67% para matéria orgânica. Os cladódios da palma forrageira resultaram numa manteiga mais colorida, mas não tiveram efeito sobre o sabor ou a qualidade de conservação. Houve um efeito laxante sobre as vacas, especialmente para as altas quantidades de alimento (68 kg/dia). A adição de sal comum (NaCl) não reduziu o efeito laxante. Recomendou-se alimentar o gado com quantidades moderadas (27-34 kg/dia), já que grandes quantidades (54-68 kg/dia) provocam defecação excessiva e condições anti-higiênicas nas instalações de ordenha.

Um dos poucos estudos que fornecem valores energéticos para a *O. ficus-indica* com espinhos é o de Retamal *et al*. (1987a). Os teores de proteínas, minerais, extrato de éter, fibras cruas e energia foi medido em função das fases de desenvolvimento em várias épocas do ano. Houve pouca variação dos valores energéticos, situando-se na faixa de 14.000 a 14.900 kJ/kg de peso seco.

COMPLEMENTOS PARA BALANCEAR MINERAIS E PROTEÍNAS E REDUZIR A EVACUAÇÃO

Como o principal atributo da palma forrageira é seu alto valor energético de digestibilidade e seu alto teor de água, torna-se necessário balancear a ração em proteínas e minerais.

Fuentes-Rodríguez (1991) acompanhou sete vacarias no norte do México com um total de 447 vacas. A quantidade média de palma forrageira consumida por dia foi de 25,7 kg e a produção média de leite foi de 15,4 kg/dia. Em todos os casos, as palmas forrageiras eram queimadas e cortadas em pedaços e complementadas com restolho de milho. Três das vacarias usavam complementos de sorgo e três usavam complementos de pastagem e/ou alfafa. A palma forrageira era administrada normalmente no inverno, entre janeiro e maio. Embora esses resultados sejam muito baixos, eles foram obtidos em unidades comunais com recursos muito limitados.

Para reduzir o alto teor de água da matéria fecal, Griffiths (1905) recomendou que se complementasse os cladódios da palma forrageira com palha de sorgo.

Num estudo realizado na África do Sul (De Kock, 1980), as variedades sem espinhos de *O. robusta* foram dadas a ovelhas. Infelizmente estavam com um teor de proteínas cruas tão baixo (4 porcento), que os animais teriam que comer 5 a 6 kg de palma forrageira por dia. Entretanto, como só conseguiam comer 4 kg, devido a considerações de volume, foi necessário fornecer-lhes complementos alimentares. Assim, De Kock (1980) complementou as dietas das ovelhas com porções iguais de farinha de ossos, NaCl e uréia biuretizada. Não obstante, verificou-se que o melhor complemento foi o de 100 g de palha de alfafa por dia, juntamente com a palma forrageira sem espinhos *ad libitum*.

Griffiths (1905) relatou que, num período de um ano e meio, alimentaram-se 230 porcos com uma ração diária de 1.363 kg de cladódios de palma forrageira e 2,5 tonéis (de aproximadamente 200 litros) de resíduos de carne e pão; adicionalmente, durante todo o período eles foram alimentados com 400 bushels (aproximadamente 10.000 kg) de milho. Foi necessário ter muito cuidado para eliminar os espinhos dos cladódios, pois 50 porcento dos animais morreu justamente por causa dos espinhos.

Com várias centenas de hectares plantados com palma forrageira espinhosa nativa e utilizando-a como alimento sob condições de seca, Maltsberger (1991) foi quem teve a maior experiência sobre alimentação de gado com palma forrageira. Apesar de Maltsberger ter adicionado sementes de algodão à palma forrageira e de ter permitido que o gado pastasse livremente, houve outros problemas. Depois de vários exames de sangue e de tecidos dos animais quanto a micro-nutrientes, verificou-se que as animais tinham baixo teor de cobre, molibdênio e zinco. Com base nessas análises, Maltsberger começou a utilizar um complemento mineral com a seguinte composição: farinha de ossos ao vapor (454 kg), farinha de ossos e carne (150 kg), NaCl (280 kg) $ZnSO_4$ (12 kg), $CuSO_4$ (5,4 kg), etilenodiamina dihidroiodo (0,09 kg) e $CoSO_4$ (0,045 kg) para um total de 901 kg. Esse complemento parece ter reduzido consideravelmente as anormalidades nos bezerros recém-nascidos. Maltsberger (1993, comunicação pessoal) acha que as deficiências minerais nos animais não são causadas diretamente pela palma forrageira, mas resultantes do fato de o gado passar vários meses sem nenhuma outra forragem herbácea ou lenhosa. As injeções regulares de vitamina E foram úteis depois de vários meses de alimentação com a dieta da palma forrageira.

TÉCNICAS PARA AUMENTAR O TEOR DE PROTEÍNAS NA PALMA FORRAGEIRA

Há três maneiras de aumentar o teor de proteínas da palma forrageira, reduzindo-se, assim, a necessidade de administrar complementos. A primeira maneira é o uso de fertilizantes de N e de P. González (1989) verificou que o teor de proteínas cruas aumentava de 4,5%, no caso sem

tratamento com fertilizantes, para 10,5 % no caso de tratamento com 224 kg de N e 112 kg de P por hectare. Como as necessidades de proteínas de uma vaca não leiteira e de uma vaca leiteira são de 6 e 9,5 %, respectivamente, o tratamento com fertilizante aumentou o nível de proteínas para além do necessário para uma vaca leiteira. Infelizmente o percentual de P só aumentou de 0,08 para 0,18%, suficiente apenas para uma vaca não leiteira; as necessidades de uma vaca leiteira são de 0,39%. As concentrações de Ca, K e Mg de 4,2, 2,3 e 1,4%, respectivamente, excedem as necessidades do gado de corte que são de 0,44, 0,8 e 0,18%, respectivamente. Além do mais, os níveis da fertilização com N e P aumentaram o rendimento de matéria seca por hectare e ano de 7 ton para cerca de 60 ton. As aplicações de uréia nos cladódios também mostraram um aumento do Teor de N nos cladódios da *Opuntia* (Belasco *et al*., 1958).

A segunda maneira de aumentar o teor de fósforo e de proteínas na forragem para o gado é através de clones com teores mais altos de nutrientes. Gregory e Felker (1992) examinaram quatro clones forrageiros e descobriram que os clones para forragem do Brasil tinham mais de 11% de proteínas em quase todas as idades, enquanto que a forragem de *Opuntia* nativa do Texas só tinha 7,1% na média em todas as idades. Também foi significativo que o clone com alto teor de proteínas também tinha alto teor de P com 0,41%, mais de quatro vezes o teor de P das espécies nativas do Texas. Mesmo quando fertilizadas com 224 kg de N e 112 kg de P por hectare, as opuntias nativas só atingiam um teor de P de 0,20%.

A terceira maneira de aumentar o teor de proteínas da forragem de *Opuntia* é através da inoculação das raízes da palma forrageira com bactérias de associação livre e fixadoras de nitrogênio, como a *Azospirillum* (Rao e Venkateswarlu, 1982). Caballero-Mellado (1990) e Mascarua-Esparza *et al*. (1988) mostraram que a inoculação com essa bactéria resultou num aumento de 34% do peso seco e de 63% no teor de N das raízes da palma forrageira. Mesmo não tendo medido o N total da *Opuntia* com e sem *Azospirillum*, eles demonstraram um aumento de 86% no total de N por planta, em comparação com plantas de milho sem inoculação de *Azospirillum*. Essa bactéria não foi somente útil para aumentar o volume de raízes e o teor de N nas raízes, mas também para prevenir doenças. Em meios de cultivo em laboratório, a *Azospirillum* inibiu o crescimento de bactérias patógenas, como *Xanthomonas*, *Erwinia* e *Agrobacterium tumefaciens*.

PROCESSAMENTO, QUEIMA, CORTE, PALHA E ENSILAGEM

O alto teor de água nos cladódios (cerca de 85%) torna seu transporte a grandes distâncias muito caro. Normalmente a palma forrageira é utilizada no local em que se planta, queimando-se seus espinhos e permitindo que o gado chegue até ela, e não o contrário. A queima se tornou tão importante no Texas, na época de seca, que o governo dos Estados Unidos colocou o gás propano à disposição como auxílio para alimentação de emergência do gado.

Maltsberger (1989) relatou que 1 galão de propano alimentaria de três a cinco vacas, dependendo do clima e do tamanho dos bezerros. Num clima muito quente e seco, um trabalhador eficiente poderia queimar o suficiente para alimentar 200 cabeças por dia, mas num dia frio e úmido é necessário mais propano e mais tempo. São feitas as seguintes recomendações (Maltsberger, 1989): adicionar grandes quantidades de alimento energético antes da chegada do frio; queimando mais do que o necessário, para que dure até a próxima refeição; não exagerar na utilização de recursos, deixando pelo menos um cladódio no toco emergente do solo. Uma boa planta de palma forrageira é a que tem entre 5 e 8 anos de idade ou entre 4 e 7 anos de rebrote.

A palma forrageira não deve ser queimada excessivamente e os espinhos devem ser eliminados de ambos os lados do cladódio. Em virtude do perigo em utilizar gás propano sob pressão e mangueiras compridas perto do gado faminto e de arbustos espinhosos, é importante que

sejam utilizadas mangueiras e reguladores de gás de boa qualidade e que os tanques de gás não sejam enchidos demais (Howell, 1989).

Kay e Kay (1990) analisaram o aspecto econômico da queima da palma forrageira numa plantação de 5 anos com 96.000 kg de peso fresco por hectare. Verificaram que eram necessários 15 litros diários de propano para 14 vacas e 8 homens hora para preparar alimento de um dia para 200 animais. A ração continha 50 kg de palma forrageira, 1,36 kg de farinha de semente de algodão e 0,091 kg de farinha de sal/carne/osso. Utilizando uma análise comercial de uma ração de baixo custo, o valor calculado para a palma forrageira foi de US$ 0,010/kg que, com 96.000 kg/ha, resultaria em US$ 960.00/ha durante cinco anos de crescimento. Paschal (1989) relatou que uma pesquisa de opinião feita pelo Serviço de Extensão do Texas descobriu que 20 porcento dos criadores de gado queimavam palma forrageira e que o custo médio do alimento era de US$ 0.22 por cabeça e dia.

Os custos de mão de obra e combustível para queimar os espinhos da palma forrageira são bastante reduzidos, se as plantas estiverem dispostas em fileiras, como descrito por Pluenneke (1990). Dessa forma não é necessário caminhar entre ervas daninhas ao ir-se de um arbusto de palma forrageira para outro, acendendo e apagando o queimador.

Mesmo quando a palma forrageira é queimada por fileiras, há muito desperdício porque o gado derruba e pisa partes já queimadas. Por essa razão, além da necessidade de levar a forragem para grupos separados de animais adultos e jovens (Maltsberger, 1989,1991) e para as vacas em ordenha (Fuentes-Rodríguez, 1991), as palmas forrageiras são colhidas e transportadas até os animais. No Texas, as plantas espinhosas são cortadas no campo com ferramentas manuais, carregadas manualmente num caminhão e levadas a uma central, onde são arrumadas em montes de 2 m de altura e só então queimam-se os espinhos. Em seguida as palmas forrageiras são colocadas num cortador ensilador acionado por um trator, de onde os pedaços cortados são levados para manjedouras e cobertos com farinha de sementes de algodão.

No noroeste do México (Fuentes-Rodríguez, 1991), em todas as vacarias pesquisadas eram utilizadas cortadores motorizados para processar a palma forrageira antes de dá-la como alimento às vacas leiteiras. Na África do Sul (De Kock, 1980), a palma forrageira é cortada mecanicamente em tiras (20x30 cm) e dada a ovelhas em gamelas, reduzindo-se, assim, os desperdícios que se teria se esses animais tivessem que ir até a plantação. Também deixam-se secar essas tiras para moê-las em um moinho de martelos e peneirá-las numa peneira com malha de 6 mm para facilitar a armazenagem durante a seca.

Para facilitar a armazenagem, os cladódios da palma forrageira sem espinhos *O. robusta* são ensiladas juntamente com uma mistura de palha de aveia e de alfafa de baixa graduação nas seguintes proporções: 84 partes de palma forrageiras sem espinhos, 16 partes de pasto, 2 partes de melaço (De Kock, 1980). No México, verificou-se que a mistura de grãos de sorgo, melaço e uréia era o melhor aditivo para a ensilagem de palma forrageira (Castra *et al*., 1977).

Seria útil se fosse possível adaptar um colhedor ensilador auto-acionado ou acionado por um trator para colher e cortar a palma forrageira com espinhos, lançando os pedaços, em seguida, em um caminhão atrás dele. Há quem acredite que, uma vez processada a palma forrageira pelo colhedor ensilador, os espinhos se modificariam suficientemente para não causar problemas ao gado. Todavia, conforme mencionado anteriormente, Maltsberger queima os espinhos antes de cortar os cladódios. Seria muito bom se os cladódios pudessem ser separados da planta e cortados ainda no campo, e somente então trazidos para uma central, onde seriam misturadas mais eficientemente com proteínas e complementos minerais.

Enquanto a palma forrageira tem sido picada manualmente com êxito em picadores ensiladores, parece que o material seria muito grosso e duro para que colheitadeiras convencionais cortassem o caule principal. Também é necessário reduzir a pressão dos rolos alimentadores da ensilagem para evitar que os cladódios da palma forrageira sejam totalmente esmagados antes de

atingirem as facas cortadoras (Felker, observação não publicada). Poder-se-ia utilizar cortadores giratórios, que têm capacidade para cortar materiais mais difíceis. Depois de quatro a seis semanas, quando o material estiver praticamente seco, seria necessário recolhê-lo, moê-lo e lançá-lo em um caminhão. Isso seria um projeto de desenvolvimento muito útil para um grupo nacional de pesquisa.

IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS

Secas prolongadas de duração incerta são uma certeza em regiões semi-áridas. À medida que a seca avança, a forragem dos pastos se torna cada vez mais escassa. Ao mesmo tempo, os preços de forragem e de grãos disparam e os preços do gado diminuem. Os criadores de gado tentam resistir um dia, uma semana ou um mês, mas sempre esperando que chova para não ter que vender o gado a preços baixos. Passada a seca, a população bovina baixou, uma vez que muitos criadores venderam seus rebanhos com prejuízo. Quando chegam as chuvas e a produção de pastagem é abundante, o criador procura comprar gado para repor o estoque, mas os preços dos animais estão altos. Essa situação faz com que o criador "venda barato e compre caro".

Observou-se que, depois de quatro a seis anos com manejo adequado, é possível obter 100.000 kg de palma forrageira fresca por hectare. Com um consumo diário de 50 kg, um hectare com 100.000 kg daria uma reserva para alimentar 2.000 animais em um dia (5,5 animais/ano). Assim, as reservas de palma podem prevenir as perdas econômicas associadas à venda de gado durante a seca. Também seria possível plantar-se a palma forrageira sem ter gado, comprá-lo a preço baixo no meio da seca e depois vendê-lo no fim da seca a preço alto.

EXPERIÊNCIAS COM OPUNTIAS NA ÁFRICA SAHELIANA E NO SUBCONTINENTE HINDU

Enquanto há extensos artigos sobre o uso de opuntias como alimento animal no norte da África (Monjauze e Le Houérou, 1965) e na África do Sul (De Kock, 1980), há uma ausência preocupante e visível de informações sobre o assunto na zona Saheliana da África. É possível que se tenha tentado o cultivo de *Opuntia* e se tenha fracassado. Talvez períodos tão prolongados de seca e de baixa umidade tornem o metabolismo CAM não funcional. Talvez a aparência semelhante das opuntias sem espinhos com a *Euphorbia tirucalli*, cujo látex pode causar cegueira se, de alguma maneira, atingir os olhos, tenha provocado rejeição para testar as espécies de palma forrageira como alimento animal.

Felker detectou opuntias nas regiões secas do Quênia, mas é proibido importar palmas forrageiras no país. Por falta de supervisão é provável que isso seja uma excelente disposição. Contudo, como o gado gosta muito das palmas forrageiras sem espinhos, é bem provável que elas se difundirão rapidamente na África semi-árida. Sem dúvida, as espécies espinhosas devem ser experimentadas sob cuidadosa supervisão durante, pelo menos, dez anos.

SUMÁRIO

A palma forrageira é uma forragem muito útil em épocas de seca, principalmente porque fornece energia digerível, água e vitamina A. É necessário adicionar proteínas e minerais à palma forrageira para balancear a dieta do gado. A grande maioria dos usos da palma forrageira tem visado o gado, mas também já foi utilizado na criação de porcos. As variedades de palma forrageira sem espinhos são utilizadas para forragem, mas devem ser protegidas contra animais herbívoros. Os tipos

espinhosos são mais tolerantes ao frio, de crescimento mais lento e não necessitam de proteção contra animais herbívoros, mas é necessário queimar seus espinhos antes de administrá-los como alimento ao gado.

Embora a palma forrageira seja importante para manter populações de gado durante as secas, o uso e manejo da planta não tem recebido muita atenção por parte dos centros de pesquisa no mundo. Cinco a dez anos de pesquisas e desenvolvimento sérios em um programa bem focado, poderiam melhorar dramaticamente a vida de criadores de gado, não só no mundo desenvolvido (Estados Unidos, México, Brasil), mas também em regiões extremamente semi-áridas do Sahel, da África do Sul e do subcontinente hindu. A seguir estão relacionadas as áreas de pesquisas prioritárias que requerem atenção crítica.

Necessidades de pesquisas

- Avaliar uma ampla coleção genética de palmas forrageiras sob estritas condições de quarentena em regiões semi-áridas representativas da África Saheliana e do subcontinente hindu.
- Examinar o potencial genético para se obter uma alta concentração de proteínas na palma forrageira.
- Desenvolver melhores pacotes de plantação, manejo de ervas daninhas, herbicidas e fertilização para uso em clones aperfeiçoados para cenários com ou sem herbicidas e com cultivo mecanizado.
- Medir a influência do *Azopirillum* na taxa de crescimento e no teor de proteínas cruas.
- Desenvolver maquinário capaz de cortar, moer e "lançar" os cladódios moídos da palma forrageira sobre um caminhão.
- Reexaminar a influência de microelementos e vários tipos de complementos protéicos sobre o aumento de peso do gado sob diferentes condições sociológicas e ecológicas.
- Desenvolver rações de palma forrageira para alimentar animais não ruminantes, como porcos e coelhos.
- Fomentar o estudo dos usos aplicados da palma forrageira nos programas de estudo das universidades a nível de graduação e pós-graduação.

RECONHECIMENTOS

Reconhecemos e agradecemos o apoio financeiro da United States Agency for International Development Grant No. DHR-5542-G-SS-9032-00, do USDA/CSRS Grant No. 92-34284-7392 e da Fundação Meadows.

CONTROLE E UTILIZAÇÃO DAS OPUNTIAS SELVAGENS

por **M. O. Brutsch[a] e H. G. Zimmermann[b]**

[a]*University of Fort Hare, Alice, South Africa*
[b]*Plant Protection Research Institute, Agricultural Research Council, South Africa*

INTRODUÇÃO

Esta seção tratará somente das espécies *Opuntia* fora de seus habitats naturais, ou seja, aquelas que foram introduzidas em um país por alguma razão e que se naturalizaram. Embora possam ter sido muitos os esforços de controle concentrado, prolongado e espetacular, eles foram utilizados e apreciados pelo homem. As opuntias não cultivadas e estrangeiras geralmente são chamadas de opuntias selvagens para distinguí-las das opuntias cultivadas.

CONTROLE

O controle de ervas daninhas de *Opuntias* pode ser feito através de métodos biológicos, químicos, mecânicos ou integrados. Este último é uma combinação de quaisquer métodos disponíveis e pode até incluir a utilização da própria erva daninha.

O primeiro caso registrado de controle biológico de qualquer erva daninha parece ter sido o que ocorreu inadvertidamente na Índia, no final do século dezoito. Esse caso foi o da palma forrageira *O. vulgaris* Miller, controlada pelo inseto cochonilha *Dactylopius ceylonicus* (Green). Atualmente se continua considerando esse inseto como o agente de controle biológico mais eficaz no mundo (Crawley, 1989).

Segundo Moran *et al*. (1986), as plantas nativas só se convertem em ervas daninhas em áreas perturbadas ou sob circunstâncias pouco comuns, já que de outra forma são mantidas sob controle por espécies de insetos herbívoros e patógenos. Assim, o controle biológico das ervas daninhas nativas é pouco comum, exceto nas espécies de *Opuntia*, em que, pelo menos duas espécies nativas problemáticas nas Antilhas e na Ilha de Santa Cruz, foram controladas com êxito pelas polias ficitídeas *Cactoblastis cactorum* (Bergroth) e *Dactylopius opuntiae* (Tabela 25) (Bennett, 1971; Goeden *et al*., 1967).

Outra característica interessante a respeito do controle biológico das espécies de *Opuntia* é que freqüentemente se obteve êxito com agentes de um parente da erva daninha em vez de um agente próprio (Hokkanen e Pimental, 1984). O caso clássico é *C. cactorum* que é endêmico na Argentina e no Uruguai e que controlou a *O. inermis* De Candolle e a *O. stricta* Haworth, originárias da América do Norte (Dodd, 1940; Hokkanen e Pimental, 1984).

Embora a maioria das ervas daninhas de *Opuntia* seja controlada com êxito através de insetos inimigos (Tabela 25), restam algumas em que o controlo biológico só teve êxito parcial. Exemplo: *O. rosea* De Candolle e *O. aurantiaca* Lindley na África do Sul, que são controladas quimicamente com eficácia através do MSMA (monosódio metilarsonato) (Malan e Zimmermann, 1988; Moran e Zimmermann, 1991a,b). Várias formas de controle mecânico foram utilizadas no passado e ainda podem se justificar em algumas situações.

A AMEAÇA DA PALMA FORRAGEIRA NA AUSTRÁLIA

Várias opuntias foram introduzidas no leste da Austrália pelos primeiros habitantes. As condições climáticas e edáficas de seu novo habitat nas regiões costeiras e no interior do leste australiano as fez se sentirem bem, resultando que sobreviveram e se estabeleceram vigorosamente na ausência de inimigos naturais. Todas as espécies foram levadas para uma finalidade específica - exemplo: *O. ficus-indica* (Linnaeus) Miller para a produção de frutas e *O. tomentosa* Salm-Dyck para a produção de cochonilha - ou começaram como cercas-vivas ou como plantas ornamentais nos jardins. Duas espécies escaparam de jardins, a *O. inermis* e a *O. stricta*, e constituíram tal ameaça no início do século vinte, que chegaram a ocupar uma área de 250.000 km^2, que se tornaram inúteis para a agricultura (Freeman, 1992). As várias tentativas infrutíferas para deter o avanço das palmas forrageiras e os meios mecânicos, químicos e legais empregados antes do controle biológico foram bem documentados por Dodd (194) e Freeman (1992).

A redução rápida das populações de palma forrageira na Austrália nos anos seguintes foi ainda mais impressionante que sua disseminação, graças ao controle espetacular exercido pela larva da polia ficitídea *C. cactorum* com a ajuda da cochonilha *D. opuntiae*. O êxito, que começou no fim dos anos 20, teve suas conseqüências para a agricultura, a economia dos agricultores e a moral em várias partes rurais da Austrália. Os programas de controle da palma forrageira em outros países, como África do Sul, Maurício, Madagascar, Índia, Sri Lanka e algumas ilhas das Antilhas foram beneficiados por esses resultados de controle biológico (Julien, 1992).

O controle biológico da palma forrageira não teve êxito idêntico ou satisfatório em todas as regiões (Tabela 25). *O. inermis* (agora sinônimo de *O. stricta* (Benson, 1982)), bem como *O. aurantiaca*, *O. tomentosa* e *Harrisia martinii* ainda representam um problema em algumas áreas (Hosking *et al*., 1988). Isso é um fenômeno típico do controle biológico.

Durante muitos anos o cultivo e a utilização das espécies de *Opuntia* não foi estimulado na Austrália por temor de uma repetição da experiência com *O. inermis* e *O. stricta*. A introdução no país e o cultivo de qualquer membro das Cactaceae também são estritamente controlados por lei.

ESPÉCIES SELVAGENS DE *OPUNTIA* NA ÁFRICA DO SUL

Os aspectos da história, da biologia e do controle da invasão de opuntias na África do Sul foram bem revisados por Annecke e Moran (1978), Moran *et al*. (1986), Moran e Zimmermann (1984, 1991a) e Zimmermann e Moran (1991). Brutsch e Zimmermann (1993) descreveram alguns dos usos das *O. ficus-indica* cultivada e selvagem na África do Sul.

Oito das numerosas espécies de *Opuntia* que se naturalizaram na África do Sul já são consideradas como ervas daninhas (Tabela 25). O controle biológico contra algumas delas teve início em 1910 e foi complementado principalmente com providências de controle químico que não foram mais discutidos, mas que estão bem documentados por Zimmermann e Moran (1982), por Zimmermann *et al*, (1986) e por Moran e Zimmermann (1991a, b). Aqui se enfocará principalmente a *O. ficus-indica*.

O controle biológico com êxito depende, em sua maior parte, da nomenclatura correta da palma forrageira a eliminar. Isso constitui um problema no caso da *O. ficus-indica*, que era conhecida anteriormente sob 14 nomes diferentes na África do Sul (Annecke e Moran, 1978), e no caso da *O. aurantiaca* (Moran *et al*., 1976). O sistema de classificação do gênero *Opuntia* sempre foi confuso e problemático para o controle biológico.

Acredita-se que a *O. ficus-indica* foi introduzida na África do Sul há pelo menos 250 anos (Zimmermann e Moran, 1991) e, em fins do século passado e início deste, havia invadido cerca de 900.000 ha de pastos naturais, sobretudo a leste do Cabo. Algumas evidências dão a entender que, originalmente, foram introduzidas somente variedades sem espinhos da *O. ficus-indica* e que estas retornaram à forma espinhosa no decorrer de um período de quase 200 anos. As formas com espinhos são consideradas mais agressivas que as sem espinhos e, portanto, se adaptam melhor em termos de disseminação (Annecke e Moran, 1978).

Depois do sucesso alcançado com o controle biológico das espécies de *Opuntia* na Austrália, em 1932 foi lançado um programa de controle biológico da *O. ficus-indica* na África do Sul. O inseto cochonilha *D. opuntiae*, auxiliado pela polia da palma forrageira *C. cactorum*, reduziu a área de infestação em aproximadamente 75 %. Foi a cochonilha, ajudada pela eliminação manual de árvores grandes, que mais contribuiu para a limpeza espetacular. A *C. cactorum* matou uma grande quantidade de plantas pequenas mais isoladas. Esses dois agentes também podem prevenir o ressurgimento da *O. ficus-indica* nas partes mais secas do país, proporcionando, então, um controle duradouro (Zimmermann e Malan, 1981). A maioria das infestações remanescentes se encontra na área costeira a leste do Cabo e em localidades isoladas em Karoo e Transvaal, onde prevalecem condições frescas e úmidas, mais favoráveis ao desenvolvimento da cochonilha (Annecke e Moran, 1978).

Em algumas partes do Estado Livre de Orange, ao norte do Cabo e no Transvaal, a *O. ficus-indica* ainda é classificada como planta invasora (Henderson, 1989; Henderson e Musil, 1984), embora sua população se mantenha estável na presença de *D. opuntiae* e *C. cactorum*. Todas as infestações remanescentes causadoras de problemas são controladas eficazmente com o produto químico MSMA, injetado principalmente no tronco.

Não há dúvidas de que a invasão descontrolada de *O. ficus-indica* no início do século foi um desastre nacional e que a perda de terras agrícolas pesou mais que qualquer benefício resultante das plantas (Pettey, 1948). Hoje, aparentemente, foi alcançado um nível ideal de sucesso no controle biológico de *O. ficus-indica* na África do Sul, o que parece ser mais um golpe de sorte que juízos adequados. Em quase todas as áreas, as populações remanescentes e estáveis de palma forrageira são consideradas toleráveis e até benéficas. Assim, boa parte da ênfase dada às pesquisas referentes à *O. ficus-indica* foi orientada no sentido da utilização dessas populações remanescentes. De fato, hoje é perfeitamente viável trocar a situação da *O. ficus-indica* de erva daninha para uma planta econômica.

ESPÉCIES SELVAGENS DE OPUNTIA EM OUTROS PAÍSES

Outros países nos quais a *Opuntia* introduzida se transformou em erva daninha são: Havai, Índia, Sri Lanka, Maurício, Madagascar e Yemen (Moran e Zimmermann, 1984) (ver também a Tabela 25). Em Madagascar, a destruição involuntária da palma forrageira pelo inseto cochonilha há mais de 60 anos trouxe sérias conseqüências sócio-econômicas. Com já exprimiram Monjauze e Le Houérou (1965), os problemas das nações desenvolvidas são os mesmos das nações em desenvolvimento; o que para uma pode representar uma erva daninha, para outra é uma importante fonte alimentícia. A *O. dillenii* foi um invasor sério no Yemen depois de sua introdução proposital no país há mais de 50 anos. A fruta vermelho escura foi utilizada para a fabricação de tintas e as plantas com espinhos formam excelentes cercas-vivas. Atualmente, extensos palmais impenetráveis proporcionam refúgio para a regeneração natural de bosques e seu controle é algo impensável (Ellenber, 1982). O controle biológico só seria levado em consideração, se houvesse um hóspede específico disponível e que danificasse a *O. dillenii*, mas sem agredir a desejada *O. ficus-indica*. A eliminação mecânica de plantas indesejáveis no Yemen é aceita e, em geral, praticada.

A *O. triacantha* é nativa das Antilhas e invadiu grandes áreas em algumas ilhas que ficaram seriamente perturbadas por sobrepasto e erosão. O bem sucedido controle biológico com *C. cactorum* eliminou as opuntias, mas a negligência em relação às pastagens resultou numa invasão de espécies de *Acacia* que anularam o efeito do controle biológico (Bennet, 1971). Não se sabe se a terra abandonada ficou melhor protegida de perturbações posteriores por *Opuntia triacantha* ou pelas espécies de *Acacia*. O exercício teve conseqüências posteriores: *C. cactorum* se disseminou naturalmente em outras ilhas do Caribe, incluindo Jamaica, Cuba, Porto Rico e Bahamas, onde as espécies nativas de *Opuntia* foram drasticamente reduzidas. Sua descoberta recente, em 1989, nos cabos da Flórida e sua posterior disseminação em direção ao sul desse estado americano é uma ameaça séria às espécies nativas e cultivadas de *Opuntias* nos Estados Unidos e México (Bennet e Habeck, 1992).

UTILIZAÇÃO

Ao longo de centenas de anos desenvolveu-se uma cultura da utilização de algumas espécies de *Opuntias*, sobretudo no México e em alguns países da América do Sul. Essa cultura não existe nos países em que essas plantas foram introduzidas nos últimos 200 a 400 anos.

Os cladódios jovens são utilizados como verdura na América do Norte, particularmente no México, mas muito pouco em outros países. O uso de verdura de palma forrageira é quase nulo na África do Sul (Louw, 1988; Zimmermann e Zimmermann, 1987) e está limitado àquelas pessoas que os vêem como uma novidade interessante, em vez de ser usada pelas comunidades rurais pobres que poderiam se beneficiar dela, da mesma maneira que se beneficiam das frutas de palmas forrageiras selvagens.

Em áreas da África do Sul em que ainda restam infestações de palmas selvagens há um potencial considerável para a utilização de cladódios na exploração do inseto cochonilha *D. coccus*, matéria prima do ácido carmínico, destinado à produção de corante vermelho (Zimmermann, 1989; Brutsch e Zimmermann, 1993). Não obstante, os baixos preços do ácido carmínico no mundo, e a possibilidade de que essas áreas de cultivo de *D. coccus* sejam contaminadas por *D. opuntiae* (o agente do controle biológico), são apenas alguns dos problemas que podem interromper essa iniciativa que, portanto, deve ser pesquisada.

A utilização de frutas de várias opuntias, principalmente da *O. ficus-indica*, é amplamente difundida, mas na Austrália ela é mínima. É difícil estimar a contribuição sócio-econômica da palma forrageira selvagem na África do Sul. Wiemeler (19880 fez um estudo nas imediações de Uitenhage, África do Sul (25,28 E, 33,40º S), onde há cerca de 8.000 ha de *O. ficus-indica* densa e selvagem. Estimou-se uma colheita média de 12 ton/ha (cerca de 200.000 frutas selvagens), das quais 40 porcento era facilmente acessível pelo colhedor. Isso representa uma importante fonte de rendimentos.

Numa viagem de 250 km ao longo do lado leste e do lado oeste do rio Great Fish, a leste do Cabo, onde há lotes de palma forrageira muito dispersos e pouco densos, Brutsch (pesquisa não publicada, 1993) encontrou 21 vendedores de beira de estrada (principalmente mulheres) em um só dia. Todos eram habitantes rurais sem emprego e podiam, dessa maneira, manter suas famílias durante três ou quatro meses do ano. A fruta é um alimento nutritivo numa área em que outras culturas só vingam com aspersão.

Monjauze e Le Houérou (1965) revisaram a distribuição e utilização mundial das opuntias. No norte da África, as flores são utilizadas para combater a disenteria amebiana; Fresen *et al*. (1989) relatou uma utilização análoga para extratos de *O. dillenii* na Espanha. Fernández *et al*. (1989) fizeram estudos cardiovasculares com extratos de betaína obtidos de frutas dessas espécies. Louw (1988) forneceu receitas para fazer sabonete de cladódios de palma forrageira e preparados

com propriedades medicinais. Tate (1978) compilou um "Cactus Cook Book" (Livro de Culinária da Palma Forrageira), o mesmo que fez Louw (1988). No México e em outros países tradicionais em que há palmas forrageiras, há usos variados para elas. Esses usos das opuntias são discutidos em outra parte deste livro.

Algumas espécies de *Opuntias* são usadas como barreiras ou cercas-vivas contra animais e pessoas. A *O. exaltata* é muito utilizada na Bolívia e no Peru. No Quênia é usada como barreira contra animais selvagens, inclusive contra elefantes (P. S. Soorae, comunicação pessoal, 1993). Todavia, a utilização da maioria das espécies de *Opuntias* como barreiras ou cercas-vivas em países da África ou outros não sul-americanos não deve ser estimulada porque podem se converter em plantas invasoras.

DISCUSSÃO GERAL

Nos concentramos em opuntias "estrangeiras", em vez de nativas. Em alguns países, como Austrália e África do Sul, muitas opuntias se converteram em problemas sérios e foram combatidas mediante altos custos. Em alguns casos o controle biológico produziu resultados espetaculares, mas, em compensação, só teve sucesso parcial em outros lugares (Tabela 25), o que permite que as opuntias remanescentes sejam utilizadas sem risco de disseminação e sem dano algum.

Em alguns países, como o Marrocos, as opuntias se disseminaram e são muito apreciadas. Não adquiriram um status negativo de problema e não houve tentativas de controle biológico. A palma forrageira espinhosa selvagem é preferida em relação à palma sem espinhos, desde que ela seja prevista como alimento do gado livre no pasto (Benyounes, 1984). Na Austrália e na África do Sul, de acordo com as leis vigentes, seria um crime disseminar ou vender qualquer espécie de *Opuntia* sp. que não seja dos cultivares das espécies sem espinhos de *O. ficus-indica* e das variedades forrageiras de Burbank. Na África do Sul e em Madagascar foram obtidos alguns benefícios reais em função do controle biológico da Opuntia, como o aumento gradativo do valor da *O. ficus-indica* para a produção de forragem, frutas e verdura e como planta hospedeira para o inseto *D. coccus*, produtor de corante. A percepção pública sobre a planta e seus agentes biológicos mudou radicalmente e fez surgir alguns paradoxos e conflitos de interesses. A situação mudou tanto, que, se se pedisse permissão para liberar a *D. opuntiae* e a *D. cactorum* para o controle biológico de *O. ficus-indica*, provavelmente seria negado, em razão do aumento da importância econômica da indústria da palma forrageira. Segundo Zimmermann e Moran (1991) os agentes de controle biológico mencionados anteriormente são considerados, hoje, como pragas das variedades sem espinhos, fazendo com que quase seja esquecido o programa de sucesso de controle biológico.

O caso da África do Sul foi salientado porque se trata de um país com um setor agrícola altamente desenvolvido e com um padrão de vida de primeiro mundo ao lado de uma agricultura de subsistência de terceiro mundo e de uma população rural pobre. As pessoa de poder aquisitivo mais alto cultivam a palma forrageira sem espinhos como um produto comercial ou come suas frutas como algo "exótico", ao passo que a população pobre em algumas áreas come as frutas das palmas forrageiras selvagens por necessidade. Isso, todavia, não significa que não gostem da fruta da palma forrageira, ao contrário, essa população adora essa fruta.

Há grandes áreas da África sub-sahariana onde a palma forrageira poderia ser cultivada com facilidade e com vantagens, principalmente quando se tem em mente as secas freqüentes. Mas também existe ali a necessidade de se precaver dos perigos representados pela introdução de opuntias e de outras cactáceas com potencial para invasão de terras valiosas para a agricultura. Também é evidente que o controle biológico é eficaz, mas, ao mesmo tempo, há o risco de os agentes biológicos atacarem as opuntias cultivadas. Felizmente pode-se aprender muito com a

história da invasão das cactáceas e de seu controle, bem como com os problemas das Opuntias cultivadas.

É evidente também que, o que é de interesse para algumas pessoas não o é necessariamente para outras, podendo até causar-lhes danos. Na realidade, as opuntias levantaram e continuam levantando alguns paradoxos e conflitos de interesse. Em nenhum outro lugar isso é mais evidente que na África do Sul.

Tabela 25.
Principais ervas daninhas de *Opuntia*, sua origem, país de invasão, métodos de controle e situação atual.

Erva daninha de Opuntia e origem	Países de introdução e onde invadiu	Métodos de controle	Situação da erva daninha e grau de controle	Referências
O. aurantiaca Lindley Argentina, Uruguai	Austrália	Controle biológico bem sucedido com *Dactylopius austrinus* De Lotto. *Cactoblastis cactorum* Begroth pode causar muitos danos ocasionalmente. *Tucumania tapiacola* Dyar causa danos menores. Pouco controle químico.	A erva daninha se encontra sob controle biológico satisfatório, principalmente em Queensland, mas aumentos esporádicos podem causar problemas.	Hosking *et al*. (1988)
	África do Sul	Controle químico com MSMA muito empregado, embora o controle com *D. austrinus* pode ser satisfatório. O *Cactoblastis cactorum* Bergroth pode causar muitos danos a plantas, mas esporadicamente.	Erva daninha séria em pastos, cujos controles não são satisfatórios. Pouca confiabilidade se submetida a controle biológico. A erva daninha não é usada.	Moran e Zimmermann (1991)
O. cordobensis Speg. Argentina	Havai	Liberação de *D. opuntiae* em 1935 resultou em controle total.	Plantas não mencionada há mais de 30 anos.	Julien (1992)
O. elatior Miller	Índia	Liberação de *D. opuntiae* em 1926, proporcionando controle completo.	Situação atual desconhecida.	Goeden (1978)
Curaçao, Venezuela, Colômbia, Panamá	Indonésia	*D. opuntiae* liberada em 1935.	Controle biológico completo na ilha de Salawesi em 1939.	Rao *et al*. (1971)
	Austrália	*C. cactorum* e *D. opuntiae* alimentados extensivamente em NSW.	Controle biológico efetivado.	Hosking *et al*. (1988)

Erva daninha de Opuntia e origem	Países de introdução e onde invadiu	Métodos de controle	Situação da erva daninha e grau de controle	Referências
O. dillenii (Ker-Gawler) Haworth (= *O. stricta* var. *dillenii*)	Ilhas do Caribe	Liberação de *C. cactorum*.	Controle quase completo.	Moran e Zimmermann (1984)
México, EUA, Caribe	Índia e Sri Lanka	Liberação de *D. opuntiae*.	Alcançado 90% do controle total.	Moran e Zimmermann (1984)
	Yemen	Sobretudo métodos de controle mecânico.	Persistem alguns problemas com ervas daninhas, mas também têm propriedades úteis.	Ellenberg (1982)
O. ficus-indica México	África do Sul	*D. opuntiae* liberada em 1938 proporcionou um controle de 75% com apoio de *C. cactorum* e com uma pequena contribuição do perfurador *Metamasius spinolae* (Gyllenhal).	Controle biológico com sucesso, mas infestações remanescentes permanecem em algumas áreas como problema. A ênfase se desloca para a utilização econômica, visando reverter a condição de erva daninha para planta econômica. Algo de controle químico com MSMA (injeção no caule) ainda é utilizado.	Zimmermann e Moran (1991b)
	Havai	Controle biológico excelente com *C. cactorum* e *D. opuntiae*. A contribuição do escaravelho cerambicídeo *Archlagocherius funestus* (Thompson) é limitada.	Controle biológico satisfatório, mas as infestações em locais elevados não são afetadas.	Fullaway (1954)
	Yemen	Controle mecânico.	Não foi considerado o controle biológico por ser muito trabalhoso.	Ellenberg (1982)

Erva daninha de Opuntia e origem	Países de introdução e onde invadiu	Métodos de controle	Situação da erva daninha e grau de controle	Referências
O. imbricata (Haworth) de Candole	Austrália	Bom controle biológico com *D. tomentosus* (Lamarck).	Situação reduzida, devida ao controle biológico, mas pouco uso do método químico.	Haseler (1996) Hosking *et al*. (1988)
México, EUA	África do Sul	Controle integrado, utilizando a cochonilha *D. tomentosus* somente em infestações densas, mais tratamento com herbicida de MSMA.	Situação reduzida. Ainda há infestações isoladas.	Malan e Zimmermann (1988) Moran e Zimmermann (1991b)
O. stricta (Haworth) (incluindo *O. inermis*). Ver também *O. dillenii*	Austrália	Controle biológico com os seguintes insetos em ordem de importância: *C. cactorum*, *D. opuntiae* e *Chelinidea tabulata* (Burmeister). Controle químico pouco necessário.	Desde a liberação dos insetos em 1920, excelente controle com pequenas recorrências ocasionais.	Wilson (1960)
EUA e Antilhas	África do Sul	Principalmente controle químico com MSMA. Controle biológico limitado com *C. cactorum* e menos com *D. opuntiae*. Controle biológico pouco implementado.	Aumentando e se disseminando a uma taxa alarmante.	Moran e Zimmermann (1991b)
	Namíbia	Liberações localizadas de *C. cactorum* e *D. opuntiae* na década de 1970-1980, com resultados alentadores.	Erva daninha importante em certos lugares e ainda se disseminando.	Moran e Zimmermann (1991b)
O. lindheimeri Engelmann	Antilhas	Excelente controle obtido através de *C. cactorum* em Antigua e Nevis.	Situação da erva daninha reduzida, mas o controle é menos eficaz que nas pequenas espécies de *Opuntia*.	Bennet (1971)
México, EUA	África do Sul	*D. opuntiae* exerce um controle adequado, mas a eficiência é prejudicada por escaravelhos predadores da cochonilha. O *C. cactorum* é menos eficiente.	A erva daninha persiste como infestações isoladas e esporádicas.	Moran e Zimmermann (1991b)

Erva daninha de Opuntia e origem	Países de introdução e onde invadiu	Métodos de controle	Situação da erva daninha e grau de controle	Referências
O. litoralis (Engelmann) Cockerell e *O. oricola* (Philbrick) Costa sudoeste dos EUA, ilha de Santa Cruz	Erva daninha na ilha de Santa Cruz	Liberação de *D. opuntiae* em 1951 e as populações de cactáceas se reduziram em 75%.	Situação reduzida e confiança em seu controle biológico.	Goeden *et al*. (1967)
O. streptacantha Lemaire México	Austrália	Vários inimigos naturais introduzidos na Austrália deram resultados de controle satisfatório. Em ordem de importância foram eles: *D. opuntiae*, *C. cactorum*, *A. funestus* e *C. tabulata*.	Hoje é uma erva daninha secundária na Austrália.	Dodd (1940)
O. tomentosa Salm-Dyck México	Austrália	Conforme acima. Também o escaravelho cerambicídeo *Moneilema ulkei* Horn, que agora é raro.	Conforme acima.	Dodd (1940)
O. triacantha (Wildenow) Sweet Ilhas do Caribe	Antigua, Nevis, Montserrat. Se converteu em erva daninha, devido a sobrepasto e perturbação	*C. cactorum* liberado em 1960 proporcionou controle eficaz. Os insetos se disseminaram pelas ilhas vizinhas.	Situação da erva daninha reduzida drasticamente.	Bennet (1971)
O. tuna (Linnaeus) Miller Ilhas do Caribe	Maurício	*D. opuntiae* complementada posteriormente com *C. cactorum* proporciona controle eficaz.	Situação da erva daninha reduzida drasticamente.	Greathead (1971)
O. leptocaulis De Candolle EUA	África do Sul	Escapada recente de jardim. Liberação de *D. tomentosa* em 1977.	Controle total. Possibilidades de disseminações posteriores muito reduzidas.	Moran e Zimmermann (1991b)

Erva daninha de Opuntia e origem	Países de introdução e onde invadiu	Métodos de controle	Situação da erva daninha e grau de controle	Referências
O polyacantha (Haworth) *Ophaeacantha* Engelmann EUA, Canadá, México	Se torna mais densa com perturbações e sobrepasto em fazendas nativas.	Controle químico juntamente com queima.	Aumentos esporádicos.	Bunting *et al*. (1979)
O. rosea De Candolle EUA, México	África do Sul	Infestação pequena, porém densa. O *D. tomentosus* teve sucesso parcial, sobretudo em plantas pequenas. O controle se baseia em tratamentos químicos com MSMA.	Situação reduzida, mas exigindo uma supervisão contínua para prevenir disseminações e aumentos futuros.	Moran e Zimmermann (1991)
O. vulgaris Miller Argentina, Paraguai, Brasil e Austrália	Maurício	*Dactylopius ceylonicus* (Grecia) proporcionou bom controle, complementado posteriormente com *C. cactorum*.	Controle biológico adequado.	Greathead (1971)
	Austrália	*D. ceylonicus* foi liberado em 1914 e, desde então, mantém a erva daninha sob controle. Poucos danos a plantas, também causados por *C. cactorum*.	Brotos esporádicos, mas eventualmente controlados por *D. ceylonicus*.	Wilson (1960)
	Índia e Sri Lanka	*D. ceylonicus* introduzido inadvertidamente na Índia em 1795, depois também liberado em Sri Lanka (1865).	Controle completo.	Goeden (1978)
	Quênia	*D. ceylonicu*s liberado em 1958 e obtido algum controle.	Situação reduzida.	Greathead (1971)
	Tanzânia	*D. ceylonicus* liberado em 1957.	Controle substancial na área do Lago Victoria.	Greathead (1971)
	África do Sul	*D. ceylonicus* foi liberado em 1913, proporcionando controle completo da erva daninha. *C. cactorum* causou alguns danos em plantas isoladas. Atualmente o *D. ceylonicu*s é substituído por *D. opuntiae* como principal agente de controle.	Controle biológico com êxito, com aumentos esporádicos da população, sobretudo na área costeira.	Moran e Zimmermann (1991b)

PRODUÇÃO DE CORANTE DACTI (*Dactylopius coccus* Costa)

por **V. Flores-Flores[a] e A. Tekelenburg[b]**

[a]*Universidad de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú*
[b]*University of Wageningen, Netherlands*

INTRODUÇÃO

A cochonilha (*Dactylopius coccus* Costa) é um pequeno inseto parasita, específico das espécies de cactáceas *Opuntia* sp. e *Nopalea* e seu hospedeiro preferido é a *O. ficus-indica* (L.) Mill.

Em suas últimas fases de desenvolvimento, as fêmeas contêm uma grande quantidade de ácido carmínico, entre 19 e 24 porcento em peso seco. O ácido carmínico é a substância química de um corante vermelho de alta qualidade que se distingue por sua estabilidade quando submetido a oxidação, luz e altas temperaturas. Infelizmente, o ácido carmínico é ligeiramente solúvel em água.

A cochonilha só é produzida em alguns países. O padrão de vida nesses países é baixo. A cochonilha é de grande importância para inúmeras famílias no Peru, assim como para os camponeses dos vales interandinos na Bolívia (Tekelenburg, 1988).

Vários estudos, feitos de maneira isolada em diferentes latitudes, contribuíram para o conhecimento e o manejo aplicado à produção de cochonilha, tendo sido obtidos bons resultados. Não obstante, limitantes econômicas fizeram com que esses esforços se restringissem apenas a alguns poucos beneficiários.

O presente capítulo fornece uma descrição histórica e aborda as perspectivas da produção de cochonillha e de seu impacto sócio-econômico. Discute-se o ciclo biológico do inseto, bem como as condições de produção e técnicas de preparação da planta, infestação, semeadura e manejo pós-colheita. Finalmente são abordados aspectos de rendimento e de lucros.

IMPACTO SÓCIO-ECONÔMICO E MERCADOS

Histórico

A comunidade indígena pré-colonial do México produzia a cochonilha, conhecida como *grana fina*. Provas dessa produção são encontradas em seus corantes para telas e em artefatos coloniais. As Opuntias, assim como as cochonilhas sempre fizeram parte da mitologia das culturas indígenas americanas.

Quando os espanhóis chegaram, se interessaram muito em exportar a cochonilha e, inicialmente, mantiveram o monopólio de sua importação na Europa. Graças a seu alto valor, a cochonilha foi introduzida com sucesso no Peru e nas Ilhas Canárias. Os indígenas do México, e depois os do Peru, conseguiam as melhores produções. Também foram os primeiros a incorporar o inseto à sua agricultura de subsistência como uma atividade complementar.

No México a produção era feita em pequenos lotes (500-1.000 m^2 por família). No século dezoito a produção chegou a mais de 700 ton/ano. Considerando uma colheita média de 7 a 15 kg de cochonilha seca por família, pode-se concluir que aproximadamente 70.000 famílias participavam da produção (Santibáñez Woolrich, 1990).

Quando se descobriu a tecnologia para fabricar corantes sintéticos, reduziu-se o interesse pela cochonilha, devido a seu alto preço e à dependência dos países produtores. Não foi mais possível exportar-se a quantidade de cochonilha que se exportou no século dezoito.

A tecnologia para criar cochonilha no México era intensa e muito complicada. Para se obter uma boa colheita, é necessário proteger a cochonilha. Para essa finalidade, os agricultores indígenas fazem tetos com materiais disponíveis localmente. Também mantêm a cochonilha em cladódios cortados e abrigados em pequenas estufas para dispor de "sementes" depois da época das chuvas. Uma alta precipitação pode danificar a cochonilha a ponto de extingui-la.

No início dos anos 70 a demanda de cochonilha subiu novamente, devido à proibição de alguns corantes químicos que continham agentes cancerígenos. Os preços subiram e a maioria dos países produtores (incluindo Peru e as Ilhas Canárias) tiveram condições de reiniciar e aumentar suas produções, porém não aos níveis da época colonial. O México tinha ficado para trás em sua produção. A Bolívia, com suas regiões extensas apropriadas para a produção de cochonilha, se interessou no cultivo e desenvolveu atividades para introduzir e promover o inseto.

Produção atual

Em função dos altos preços da cochonilha exportada nos anos 80, vários consultores agrícolas e de desenvolvimento rural integrado estudaram o mercado global (FEB, 1991). As informações foram coletadas principalmente nos países produtores e indicam um mercado muito fechado.

A produção anual se situa na faixa de 500 ton. O Peru produz mais de 85 porcento da cochonilha seca mundial. Outros países produtores são as Ilhas Canárias, o México, a Bolívia e o Chile, que também reexporta parte da colheita peruana. A produção foi crescendo a uma taxa de 10 porcento ao ano. Estima-se que mais de 100.000 famílias de camponeses estejam envolvidas na produção, o que fortalece a economia dessa gente.

Os principais compradores da cochonilha do Peru são a Europa, o Japão e os Estados Unidos. O Peru também fabrica o carmim, usando, para essa finalidade, a metade de sua produção de cochonilha seca. O carmim é uma laca feita a partir do ácido carmínico e que dá estabilidade ao corante e é purificado quimicamente.

A cochonilha e o carmim são utilizados na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética como corante vermelho. Além disso, a cochonilha é usada para tingir seda e outros tecidos.

A cochonilha não é o único corante natural. Seus concorrentes são o suco de beterraba, a antocianina natural (extraída de plantas e frutas) e o ácido lacaínico (LAC). O LAC é muito parecido com a cochonilha e também deriva de insetos de escama, mas não é de tão boa qualidade. Os países importadores e consumidores de cochonilha têm códigos numéricos para os corantes naturais; o código europeu para a cochonilha é E-120.

Os padrões de qualidade para a cochonilha, segundo os regulamentos do ITINTEC (Instituto de Pesquisas Tecnológicas e de Normas Técnicas) do Peru, mantiveram-se constantes durante muito tempo. Todavia, nos últimos cinco anos tem-se observado que as exigências tendem a aumentar, sobretudo em termos de percentual de ácido carmínico. O ITINTEC exige um mínimo de 17,5 a 19% de ácido carmínico para a cochonilha de primeira qualidade, mas estudos de mercado feitos pela Fundação de Exportação da Bolívia (FEB, 1991) indicam um mínimo de 20 a 21%, preferencialmente até de 22 a 23%. De acordo com o ITINTEC, o teor de umidade do produto não pode exceder 10%, mas os importadores preferem um máximo de 7%. Evidentemente, o produto deve estar limpo, isento de contaminações e embalado adequadamente.

O preço da cochonilha não tem sido constante. Variou muito nos últimos anos e, de certa forma, prejudicou o mercado. Quando o preço chegou a US$ 60.00/kg de peso seco, os importadores começaram a procurar corantes alternativos, como o LAC. Até fins dos anos 70 o preço se manteve estável a US$ 20.00 FOB (livre a bordo) em Callao. Peru. Depois subiu a mais de US$ 60.00 para, em seguida, cair rapidamente para US$ 20.00 outra vez. Nos anos 90 houve uma tendência para preços mais baixos, na faixa de US$ 12.00 a US$ 13.00 por quilo. Para muitos países

já não se justifica promover o cultivo da cochonilha, uma vez que, com os preços atuais, não é possível recuperar o investimento realizado. Por outro lado, com a mão de obra barata e oculta (trabalho familiar, não remunerado) dos camponeses nos países andinos Peru e Bolívia, a produção de cochonilha pode continuar e aumentar. Para o pequeno agricultor é parte de sua estratégia de sobrevivência. Como não há outras alternativas de produção nas regiões secas dos Andes, eles continuam cultivando num baixo nível de subsistência e a cochonilha proporciona a oportunidade de aumentar sua renda.

Necessita-se de um pequeno aumento do preço da cochonilha. Deve-se notar que os produtores peruanos só conseguem obter entre 33 e 50 porcento do preço de exportação.

Perspectivas do mercado

A demanda por cochonilha continua crescendo. A Comunidade Européia está preparando novos regulamentos referentes a corantes e outros aditivos aprovados pela indústria alimentícia. Há uma possibilidade de que o carmim seja aprovado como um corante vermelho natural e que os corantes sintéticos sejam proibidos. Se isso ocorrer, abrir-se-ão importantes mercados novos. No caso de uma decisão negativa, supõe-se que a demanda crescerá a um ritmo lento de 3 a 5 porcento ao ano (FEB, 1991). Os exportadores peruanos esperam que o preço da cochonilha de primeira qualidade aumente para US$ 15.00, mas não são esperados grandes aumentos.

Na Bolívia há um grande interesse em participar do Programa de Cochonilha da Fundação Boliviana de Exportação. Estima-se que mais de 5.000 famílias de camponeses se beneficiariam de alguma forma do projeto, resultando num significativo impacto sócio-econômico. Os camponeses produziriam mais de 100 ton de cochonilha seca por ano, o que corresponderia a 20 porcento do mercado mundial atual.

O INSETO E SEU CICLO BIOLÓGICO

A cochonilha é um inseto que depende de seu hospedeiro em termos de alimentação e proteção. Geralmente ele se alimenta dos cladódios, mas pode se colonizar nas frutas. Não obtém necessariamente todo seu alimento da planta, uma vez que a maioria dos *Homoptera* têm microorganismos simbióticos para complementar sua dieta (Southwood, 1973). Supõe-se que a cochonilha, como muitos outros insetos que comem plantas, esteja perfeitamente adaptada a sua única fonte de alimento, mas se duvida de que essa dieta seja otimizada (Southwood, 1973). É importante considerar a relação precária quando se muda o conteúdo nutritivo e certos aspectos fisiológicos da planta hospedeira.

A produção de cochonilha afeta o estado geral da planta. Além do mais, o inseto tem a capacidade de inclinar e derrubar a planta, quando as condições para seu desenvolvimento são ótimas, resultando numa deficiência de água e nutrientes para o vegetal. Foi por essa razão que se introduziu a cochonilha (*D. opuntiae*) na África do Sul para fins de controle biológico (Zimmermann e Moran, 1991).

A produção de cochonilha atinge um ponto ótimo quando a planta hospedeira também mantém um bom estado de vigor e saúde. Um balanço entre a produção do inseto e a manutenção da planta resulta numa colheita estável e sustentável, sendo possível tirar-se proveito dos múltiplos usos da palma forrageira. Plantar opuntias em campos naturais e em bosques abertos tem sido estimulado com a finalidade de reflorestamento e proteção de regiões degradadas. Quando a produção de cochonilha é manejada corretamente, as opuntias e cochonilhas são adequadas para serem introduzidas em sistemas agroflorestais.

Origem e evolução da cochonilha

Autores mexicanos e peruanos concluíram que o inseto cochonilha do carmim é nativo da América e hoje está amplamente disseminado em todo o mundo. O México é considerado seu centro de origem (Hoffmann, 1983), mas, até hoje, ninguém foi capaz de determinar o lugar ou lugares exatos da América onde se originou o *grana fina*. Mesmo assim, apesar da falta de evidências concretas, sugeriu-se que foi entre os Mixtecos.

A evolução do inseto é desconhecida. Existem duas teorias:

1) O *grana fina* se derivou de uma espécie selvagem superior, hoje desaparecida.
2) O *grana fina* é o resultado de um melhoramento de uma das espécies selvagens conhecidas, sendo suas diferenças atribuídas somente a um processo gradual e prolongado de domesticação (Santibáñez Woolrich, 1990).

Serão necessárias muitas pesquisas para determinar sua evolução histórica.

Posição taxonômica

Foram identificadas muitas espécies de cochonilha (de Lotto, 1974; Pérez-Guerra e Kosztarab, 1992). *Grana fina*, o inseto que tem valor comercial, se chama *Dactylopius coccus* Costa, 1835. A classificação das espécies se baseia na forma e no número de poros (órgãos secretores de cera), nos espinhos dorsais e na existência de um anel anal bem marcado. O trabalho mais recente de Pérez-Guerra e Kosztarab (1992) reconhece nove espécies, das quais cinco são espécies reconhecidas anteriormente e quatro são classificadas por Lotto (1974): *Dactylopius tomentosus* (Lamarck, 1801), *Dactylopius coccus* Costa (1835), *Dactylopius confusus* (Cockerell, 1893), *Dactylopius ceylonicus* (Green, 1896), *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896), *Dactylopius austrinus* de Lotto, 1974, *Dactylopius confertus* de Lotto, 1974, *Dactylopius salmianus* de Lotto, 1974, *Dactylopius zimmermanni* de Lotto, 1974.

Morfologia

A descrição da morfologia da cochonilha feita por Marín e Cisneros (1977) e Pérez-Guerra e Kosztarab (1992) apresenta uma caracterização completa dos vários estágios em ambos os sexos, o que foi feito por meio de dimorfismo sexual e polimorfismo nos estágios iniciais. A seguir apresenta-se um resumo dos resultados, juntamente com alguns comentários agronômicos.

Desenvolvimento da fêmea

Ovo: Oval, com 0,72 x 0,33 mm, de cor vermelha intensa e uma superfície macia e brilhante. Não foram constatadas fêmeas dando origem a caminhantes. Os ovos se abriram imediatamente, algumas vezes nos primeiros 30 minutos depois de postos.

Primeiro instar: Apresenta uma fase migratória e uma fase de estabelecimento no cladódio. O recém-nascido é um oval vermelho intenso de 1,06 x 0,52 mm com olhos vermelhos escuros e antenas leves projetadas para fora. Tem patas bem desenvolvidas em ambos os lados. Em poucos minutos, o corpo, inclusive apêndices, se cobre de uma cera branca pulverulenta. Horas depois apresenta uns filamentos cerosos. Geralmente os caminhantes se deslocam até a planta hospedeira, buscando cladódios novos. Quando o primeiro instar se estabelece no cladódio, mantém a mesma aparência. Os filamentos crescem, tanto dos lados quanto atrás do corpo, e são facilmente destruídos pelo vento.

A aderência ou estabelecimento do primeiro instar ocorre em dois dias, quando insere seu estilete no cladódio para se alimentar. O inseto exibe um comportamento tigmotático, preferindo se localizar na base dos espinhos ou

em irregularidades na superfície do cladódio. Os caminhantes parecem ser fototáticos negativos. A partir desse momento eles se mantêm no mesmo lugar até completar seu desenvolvimento. Os novos caminhantes eclodidos não apresentam dimorfismo sexual, embora à medida que começam a produzir tiras de cera, os machos e as fêmeas se separam. Em geral os caminhantes machos têm filamentos cerosos mais curtos e só os desenvolvem nos segmentos abdominais. O primeiro instar estabelecido aumenta de tamanho enquanto excreta um líquido viscoso em forma de gotas, que endurece com o tempo e se torna branco-amarelado. Esses pequenos sacos são doces como mel (observação de Tekelenburg). O estágio do primeiro instar dura entre 21 e 25 dias. Agronomicamente é importante a diferença entre o instar migrante (arrastador) e o instar estabelecido. Em estudos de infestação artificial não foi possível, e não teria sentido, registrar o número de caminhantes nascidos; os instares estabelecidos foram considerados como o início da relação planta-inseto. As taxas de mortalidade do instar foram calculadas com base no número de instares instalados. Uma grande quantidade de instares migrantes não consegue se estabelecer por várias razões. Em estudos iniciais de campo é impossível contar com esses instares estabelecidos.

Segundo instar: A primeira muda ocorre 25 a 35 dias depois da eclosão. Logo depois de emergir da muda, o segundo instar é ovalado, com 1,14 x 0,65 mm, vermelho escuro e brilhante. Em um curto período se cobre de uma cera branca pulverulenta, que oculta a segmentação do corpo. Contrastando com o primeiro estágio, não apresenta filamentos ou outras características facilmente distinguíveis. A maioria permanece estabelecida nos cladódios. Depois da muda, o inseto deve voltar a aderir à planta hospedeira. Alguns tendem a ser deslocados, enquanto que outros não aderem com sucesso, embora alguns possam inserir parcialmente seu estilete. Durante um período de 13 a 18 dias, a pele eliminada permanece aderida à parte posterior da fêmea, em forma de um corpo ceroso mais ou menos triangular.

No campo é necessário um método não destrutivo para reconhecer rapidamente os estágios do inseto e seus níveis de população. Na prática é difícil contar os vários estágios separadamente quando se avaliam cladódios muito povoados. A contagem das mudas dá um bom resultado. As duas mudas podem ser distinguidas rapidamente por seu tamanho. A cor escura e a aparência brilhosa da muda é notada com facilidade e, portanto, pode ser contada. As observações diárias resultam numa curva (distribuição normal) de mudas, da qual se calcula a média. O tempo entre as duas médias é a duração do estágio do segundo instar.

Fêmea adulta: A segunda muda ocorre 11 a 23 dias depois da primeira. Logo depois de emergir, o inseto é ovalado, marrom-avermelhado, brilhoso e tem um tamanho de 2,81 x 1,87 mm. Dentro de poucas horas ele se cobre de uma cera branca pulverulenta e excreta as gotas do líquido viscoso antes mencionado. A fecundação ocorre alguns dias depois da muda e a fêmea aumenta rapidamente de tamanho até 6,24 x 4,71 mm. Esse período de pré-postura dos ovos dura de 30 a 68 dias. A fêmea completamente madura, em condições de por os ovos (28-50 dias) tem uma aparência ligeiramente escura. As fêmeas virgens tendem a ser brancas. O ciclo biológico completo da fêmea é de 102 a 181 dias.

A relação entre sexos varia. Sob condições de laboratório chegou-se a 5 a 7 fêmeas por macho, enquanto que no campo a relação é de 20 fêmeas por macho. Não foi relatada a reprodução sem fecundação. Sob condições de

laboratório registrou-se uma média de 419 a 430 ovos por fêmea. Nos primeiros dias de postura, o número de ovos é maior; nesse período não foi observada a excreção do líquido viscoso. As fêmeas separadas dos cladódios também liberam ovos por 15 dias, desde que sejam mantidas na sombra.

Desenvolvimento do macho

Ovo e 1.º instar: Esses estágios são quase equivalentes aos do desenvolvimento da fêmea. A principal diferença se relaciona com o comportamento e com a secreção de cera. Em geral os machos se alojam perto da fêmea poedeira de ovos.

Segundo instar: Entre 8 e 12 dias depois de emergir, o macho produz uma grande quantidade de cera fibrosa que forma um casulo branco, ovalado, tendo entre 1,2 e 2,5 mm de comprimento e uma abertura em uma das extremidades. Os primeiros filamentos cerosos aderem ao substrato e logo o inseto começa a girar lentamente em torno de seu eixo longitudinal para formar o casulo, que ele conclui aproximadamente um dia depois.

Pré-pupa: A pré-pupa é formada dentro do casulo. Sua aparência externa difere do segundo instar, tem um corpo avermelhado de 1,3 x 0,75 mm e a seção do corpo é claramente visível. O macho jovem permanece no casulo sem se alimentar durante os estágios de pré-pupa e de pupa, até que emerge adulto.

Pupa: A pré-pupa de transforma em uma pupa, também avermelhada e característica porque a segmentação do corpo e seus apêndices se tornam mais diferenciados. Mede 1,65 x 0,75 mm. As antenas e as patas são maiores que um terço do comprimento do corpo. O tempo desde ninfa II, passando pela formação do casulo, até emergir o adulto é de 18 a 22 dias.

Adulto: Depois da última muda, o macho adulto permanece 24 horas dentro da casulo. O macho emerge da pupa. Dentro de poucas horas se formam filamentos cerosos compridos a partir da seção extrema do abdome. O macho adulto é de aparência frágil , tem um comprimento de 2,2 a 4,8 mm e uma largura se 1,3 a 1,5 mm (no mesotórax). O corpo é avermelhado com um pó ceroso esbranquiçado. O macho não dispõe de partes bucais. As pernas são finas e bem desenvolvidas. O inseto tem movimentos lentos e vive até 3 a 4 dias durante os quais fecunda várias fêmeas. O ciclo total do macho é de 51 a 63 dias. O macho adulto raramente voa e geralmente caminha quando está em busca das fêmeas.

FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM O CICLO DO INSETO

Temperatura atmosférica

Em geral a cochonilha cresce nas mesmas zonas que sua hospedeira e prefere temperaturas entre 24 e 28ºC durante o dia. No Peru e na Bolívia a diferença entre a temperatura do dia e da noite é alta, de até 20ºC. A variação das médias mensais durante o ano não excede 7ºC. A boa produção de cochonilha ocorre entre o nível do mar e 2.000 m de altitude. Entre 3.000 e 3.300 m de altitude a cochonilha se desenvolve mal e leva muito tempo para amadurecer, devido às baixas temperaturas. Por outro lado, a planta ainda tem uma boa produção. A temperatura tem uma influência importante sobre a duração do ciclo biológico da cochonilha. Nas zonas tropicais da Bolívia (onde a temperatura média anual está acima de 24ºC) amadurece e põe ovos em 72 dias. Em geral a cochonilha amadurece em 90 a 100 dias. A cochonilha é afetada por temperaturas abaixo de 0ºC. As altas temperaturas podem afetar o vigor dos cladódios da palma forrageira e, portanto, o desenvolvimento da cochonilha.

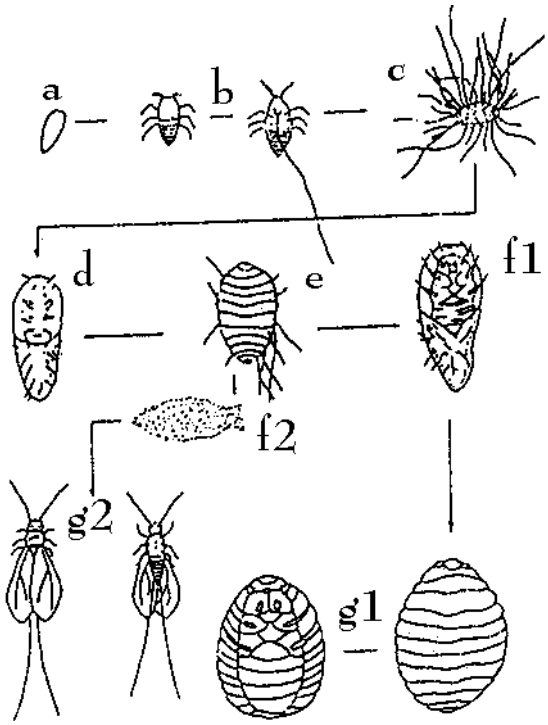


Figura 29. Diagrama do ciclo biológico da cochonilha. a) ovo; b) ninfa migrante; c) ninfa I estabelecida; d) primeira muda; e) ninfa II; f1) segunda muda; f2) pupa; g1) inseto fêmea maduro; g2) macho adulto.
Fonte: Marín e Cisneros, 1977.

Precipitações

Em decorrência das chuvas, a taxa de mortalidade do instar pode chegar a 98 porcento. As precipitações também afetam o desenvolvimento da cochonilha; a cera branca que protege o inseto é lavada pela chuva e a duração do ciclo biológico se alonga. As chuvas fortes também reduzem a população madura de cochonilha. O inseto produz melhor sem precipitações, embora isso contraste com as necessidades biológicas da palma forrageira como hospedeira.

Em Cochabamba, Bolívia, foram feitos estudos preliminares sobre a influência sazonal sobre a qualidade da cochonilha. Verificou-se que a cochonilha colhida na época de chuvas é de menor qualidade (determinada por análises químicas do ácido carmínico). Novas pesquisas deverão comprovar essa verificação.

Umidade relativa

Uma alta umidade relativa afeta a duração do ciclo biológico do inseto, sobretudo se acompanhada de baixas temperaturas. No caso das fêmeas isso resulta num alongamento de seu período de pré-postura de ovos. Nos machos é visível o alongamento dos estágios do segundo instar (casulo), de pré-pupa e de pupa.

Luz e tempo de exposição

No estágio migrante, as cochonilhas caminhantes demonstram preferência pela sombra e procuram lugares pouco iluminados para se estabelecer.

O tempo de exposição à luz é um fator interessante sob o ponto de vista de sua influência sobre o desenvolvimento da cochonilha. Em um estudo peruano foram observadas as reações para um dia de duração normal, porém com simulação de diferentes horas de exposição à luz e escuridão total. Observou-se que, nas exposições de 10, 12 e 14 horas à luz, a fase de postura de ovos só foi atingida depois de 60 dias, o que corresponde a 60 porcento do desenvolvimento normal.

Fases da lua

A lua exerce uma influência sobre os seres humanos, habitantes da terra. Os processos de crescimento e manejo das culturas agrícolas se relacionam freqüentemente com as fases da lua. Sabe-se, por exemplo, que as culturas acima do solo crescem melhor com a lua crescente, enquanto que as culturas de raízes se desenvolvem melhor quando são semeadas com lua minguante. Na *Comunidade Camponesa de Santa rosa de Huantatas* em Ayacucho, os produtores não colhem a cochonilha durante a lua nova, preferindo colher quando a lua está cheia.

FATORES BIÓTICOS QUE AFETAM O CICLO BIOLÓGICO

Espécies de *Opuntia*

O comportamento da cochonilha em diferentes espécies de *Opuntia* sp. e *Nopalea* foi especialmente pesquisado no Peru e no México. As espécies *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck apresentam uma resistência ao inseto. As *O. ficus-indica* Mill e *O. jaliscana* Bravo suportam a maior quantidade de cochonilha (Portillo e Zamarripa, 1992).

No Peru foram avaliados 29 morfotipos de palmas forrageiras quanto à sua capacidade de abrigar a cochonilha (Flores-Flores, 1990). A sobrevivência dos insetos variou entre 89 e 35 porcento, com uma média de 68 porcento. A *Opuntia megacantha* Lem. é resistente à cochonilha, uma vez que as pupas não podem estabelecer-se (Maldonado-Garriazo, 1985).

O *D. coccus* se desenvolveu mais rapidamente sobre *O. ficus-indica* que sobre *O. tomentosa* (Pérez-Guerra e Kosztarab, 1992). Esforços para colonizar o *airampu* (*O. soebrenssi*) (Brittone Rose, 1920) deram resultados negativos (Marin e Cisneros, 1983; FBE, 1992a). As espécies *O. ficus-indica* são as que apresentam as melhores características para o estabelecimento da cochonilha em termos de número de estômatos e espessura da cutícula (Colorantes Naturales Soc. Anónima, 1992).

Há poucas variedades de opuntias na Bolívia, se comparado com o Peru e o México. a mais disseminada é a *O. ficus-indica* Mill. Os cultivares, que têm frutas brancas, são os mais suscetíveis à cochonilha (Tekelenburg e Ortuño, 1992). Como sua produção anual de matéria verde por hectare é menor que nas variedades de frutas amarelas, estas últimas produzem mais cochonilhas por hectare. Todas as plantas hospedeiras apresentam uma redução em seu desenvolvimento, quando colonizadas com cochonilha. Na planta infestada, a produção de frutas diminui e só crescem poucos cladódios.

Idade e condição do cladódio

A freqüência e a periodicidade de surgimento de novos cladódios está intimamente relacionada com a época do ano. Os cladódios novos aparecem primeiro no fim do inverno e continuam aparecendo durante os meses de primavera (cladódios sazonais). A rega ou a chuva durante mais de cinco meses pode induzir dois ciclos por ano e, então, fica difícil determinar a idade dos cladódios.

Essa idade influi o estabelecimento dos insetos caminhantes. Os cladódios com menos de cinco meses e com mais de três anos de idade não são adequados para a produção de cochonilha. Com a idade, a espessura da cutícula e a composição química do cladódio têm um efeito negativo sobre o estabelecimento da cochonilha. O ideal são cladódios com um ou dois anos de idade.

Marin e Cisneros (1983) observaram que a produção de cochonilha é determinada, não pelo número total de cladódios na planta, mas sim pelo número de cladódios novos. Oitenta e nove porcento da infestação ocorre em cladódios com um ano de idade, 10 porcento em cladódios de dois anos e menos de 1 porcento em cladódios mais velhos.

É de conhecimento geral que a planta deve estar sã e vigorosa para produzir bons rendimentos de cochonilha. Foi observado que, quando os cladódios têm deficiências em seus sistemas de alimentação e de água (por exemplo, clorose e falta de turgescência), o desenvolvimento normal da cochonilha é prejudicado.

O efeito do vigor do cladódio sobre o estabelecimento de ninfas I foi observado e medido. Os cladódios grossos, pesados e de cor verde escuro com boa saúde e alta turgescência mostraram alta resistência ao inseto. Os caminhantes tinham capacidade de penetrar nos cladódios finos, débeis e cloróticos, com pouca turgescência intracelular. Os de turgescência intermediária se mostraram suscetíveis e muitos caminhantes lá se estabeleceram.

Pode-se concluir que as plantas não devem ser regadas dois meses antes da infestação da cochonilha, a fim de se garantir o estabelecimento otimizado dos insetos caminhantes.

PRODUÇÃO DE COCHONILHA EM PALMAIS A CÉU ABERTO

Segundo o sistema de "Classificação de Zonas Habitáveis do Mundo" de Leslie R. Holdridge, as zonas habitáveis favoráveis para o binômio *Opuntia*-cochonilha são:

me-ST	-	montanhas subtropicais espinhosas
ee-MBST	-	estepes espinhosas baixas subtropicais
bs-MBST	-	bosques subtropicais secos baixos
me-TE	-	montanhas moderadamente espinhosas
mte-S	-	bosques subtropicais espinhosos
e-MS	-	estepes subtropicais montanhosas

A tabela seguinte indica três parâmetros importantes para cada zona habitável:

Tabela 26.
Zonas habitáveis favoráveis para o binômio palma forrageira-cochonilha.

Zona habitável	Altitude (m a.n.m.)	Temperatura (ºC)	Precipitações (mm)
me-ST	1.000-2.000	18-24	250-500
ee-MBST	2.000-3.100	13-18	220-590
bs-MBST	2.500-3.200	12-18	500-1.120
mte-S	500-2.300	17-24	415-450
e-MS	2.800-4.000	7-11	230-670
me-TE	1.800-2.000	12-24	225-550

Fonte: Mejía Vidaurre, 1993; V. Flores-Flores (comunicação pessoal).

Palmais nativos selvagens

No Peru, cerca de 38.750 ha de palmais nativos selvagens abrigam uma grande quantidade de espécies de *Opuntia* por hectare (400-800/ha). Essas opuntias vivem associadas às seguintes espécies: *Acacia macrocantha*, *Schinus molle*, *Agave americana*, *Caesalpinea tintoria*, *Bombax mizii*. As espécies predominantes têm frutas amarelas em cladódios espinhosos e se identificam como *O. amyclaea* Tenore.

A roçadas dessas pradarias naturais permite às pessoas terem acesso à área para utilizar as plantas grandes para infestação de cochonilha. A roçada consiste em selecionar os arbustos espinhosos para eliminação. As árvores e os arbustos grandes são podados, mas nunca são cortados pelas raízes, a fim de se manter o microclima para as ervas daninhas, o que resulta em um melhor crescimento das plantas e uma infestação acelerada da cochonilha em razão da proteção que oferecem.

Opuntias em velhas hortas familiares

Na Bolívia e no Peru as hortas de *Opuntia* sp. se localizam principalmente como cercas-vivas ao redor de casas, estando, dessa forma, protegidos de alguma maneira. A finalidade dessas hortas é a produção de frutas para consumo familiar e venda, bem como para suprimento de forragem para o gado. A produção de cochonilha é possível depois da poda de reabilitação. Com a idade, as palmas forrageiras formam um tronco alto que torna a colheita da cochonilha difícil; esse tronco é cortado numa altura de 1 a 1,5 m. O crescimento novo pode ser colonizado pela cochonilha num período de dois anos. Os jardins estabelecidos cobrem uma área pequena (1.000 a 3.000 m^2) com uma densidade de 800 a 1.200 plantas/ha.

Plantações intensivas

No Chile, Peru e México estão estabelecidas plantações especializadas para a produção de cochonilha. As plantas são espaçadas de 0,5-1,0 x 1-2 m. A rega, fertilização e controle de ervas daninhas são feitos rotineiramente. As plantas podem ser infestadas quando atingirem uma altura de 1 a 2 m. Geralmente obtêm-se essas plantas dentro de dois a três anos depois do estabelecimento em terrenos com rega e depois de quatro a cinco anos em condições de chuva.

MANEJO TÉCNICO DA PRODUÇÃO DE COCHONILHA

Processos de infestação

A infestação de cochonilha é feita, ou para aumentar a densidade da infestação existente, ou para colonizar plantas novas. Uma vez infestada a planta, cada nova geração de insetos é considerada uma nova infestação. Essas infestações naturais sucessivas podem aumentar a densidade na planta ou infestar outra planta próxima não infestada anteriormente, já que a cochonilha também é carreada pelo vento. Observações de campo mostraram que a cochonilha é um inseto muito fraco e necessita de até um ano e meio para povoar completamente uma planta com altura média de 1,80 m. A infestação natural entre plantas também é lenta; em um ano só são infestadas as plantas que estejam perto de outra que já esteja produzindo cochonilha.

Há dois métodos provados de infestação natural: cladódios infestados e saco de filó ou sacos feitos com outro material disponível.

Cladódio infestado

Corta-se um cladódio com uma cochonilha fêmea madura da planta mãe. A cochonilha madura se conhece pelos primeiros ovos vermelhos liberados, o que não deve ser confundido com o primeiro ovo infértil ou excremento que fica na parte final do inseto por mais de um mês. O ovo infértil ou o excremento pode ser identificado por sua cor vermelha suave e sua forma redonda, quase oval. O cladódio cortado pode ser dividido em pedaços pequenos quando estiver bem povoado de cochonilha. O cladódio ou suas partes são colocados em cladódios baixos internos da planta a ser infestada e, em seguida amarradas com uma corda. A cochonilha começa a por ovos e os caminhantes se deslocam para a planta nova. Quando o cladódio infestado não está bem povoado no

início, há uma tendência dos caminhantes se juntarem novamente no cladódio utilizado como "sementeira", em vez de se dirigirem para a planta nova.

A vantagem desse método é o tempo estendido de postura de ovos e o grande número de caminhantes nascidos, o que se deve ao fato da cochonilha continuar se alimentando, enquanto que a cochonilha imatura chega ao estágio de postura de ovos e os começa a liberar depois de certo tempo.

O método é utilizado quando é possível deslocar a cochonilha madura por grandes distâncias. A desvantagem é o peso e espaço ocupado pelos cladódios durante o transporte. Em períodos de infestação com alto risco de chuva, granizo ou ventos fortes, o método do cladódio infestado assegura uma boa infestação, devido a um período maior de postura de ovos da cochonilha (Figura 30).

Saco de filó

Um método de infestação mais prático e econômico é o uso de sacos de filó ou outro material disponível, como papel, gaze ou tecido. As cochonilhas maduras são colocadas num recipiente e divididas em sacos pequenos, feito dos materiais já mencionados. A forma e tamanho dos sacos variam de acordo com a região; normalmente têm 10 x 10 cm, dobrados no meio (Figura 31).

Dependendo da quantidade de cochonilhas maduras, da densidade de infestação desejada e do tamanho da planta, colocam-se de 1 a 5 cochonilhas frescas por saco. No Peru os sacos são preparados com cinco a dez fêmeas maduras. A quantidade de sacos por planta também pode variar de três a sete. Uma média de 20 g de cochonilha fresca por planta é suficiente para garantir um bom nível de infestação.

A cochonilha retirada de sua fonte de alimentação pode liberar ovos durante até 15 dias, desde que esteja na sombra. O transporte da cochonilha madura é difícil e deve ser feito com cuidado em caixas especiais de papelão com compartimentos separados em que são colocadas camadas finas do inseto.

O tempo entre a coleta da cochonilha fresca e a infestação deve ser minimizado, não devendo ultrapassar três dias.

Época ótima de infestação

Os fatores climáticos têm um grande impacto sobre a infestação de cochonilha. O vento e a chuva podem separar facilmente os caminhantes e os primeiros instares do cladódio. Chuvas torrenciais e granizo também separam insetos em outros estágios e até adultos dos cladódios. A melhor época para infestação é depois das chuvas; na Bolívia essa época se caracteriza por pouco vento, temperaturas mínimas acima de 8 a 10ºC e poucas precipitações. Quando a época de chuva retorna, a cochonilha está no fim da segunda geração e já começando a terceira. No meio da cochonilha já estabelecida, que tende a formar colônias densas de insetos, há proteção suficiente para manter a população durante a época das chuvas. No caso de uma infestação ser danificada por chuva ou vento, recomenda-se "resemear" no início da primavera, depois do frio do inverno; no caso da Bolívia, a semeadura é feita em abril-maio e em agosto.

Dinâmicas da população de cochonilhas

A densidade da primeira geração de cochonilha pode variar muito. A resemeadura ou a proteção da semeadura com redes ou materiais de cobertura podem ajudar a melhorar a primeira infestação. Todavia, a vantagem de uma boa primeira infestação geralmente se perde com a segunda geração. As plantas com uma infestação inicial alta ou baixa podem fornecer uma excelente segunda geração, em virtude do processo natural de reprodução. Depois da terceira geração, a colheita aumenta consideravelmente. Mesmo quando não houver grandes quantidades de cochonilha na

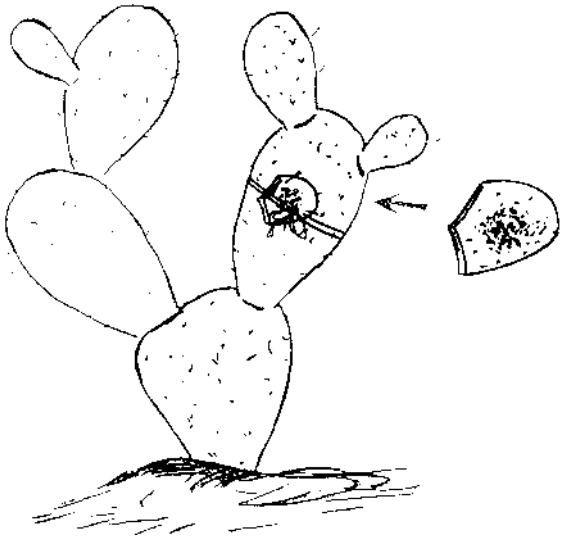


Figura 30. Infestação de cochonilha com um cladódio infestado.
Fonte: FBE, 1992a

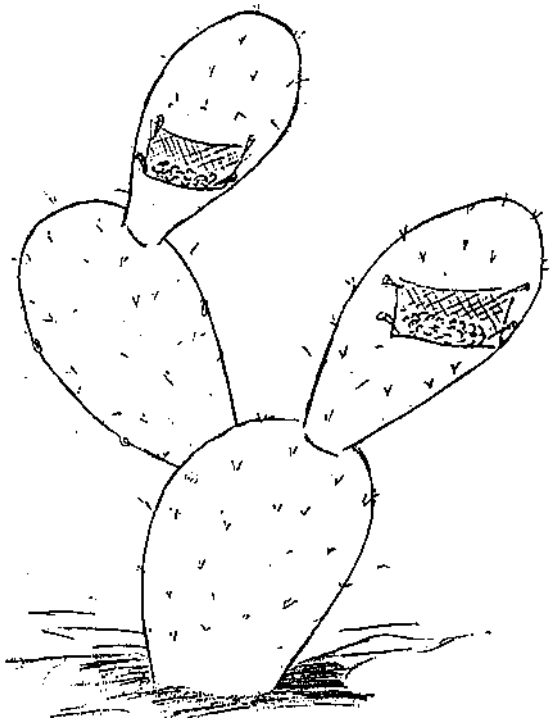


Figura 31. Infestação de cochonilha com saco de filó.

planta e os custos de mão de obra forem relativamente altos, deve-se colher a primeira geração. Quando a cochonilha passa mais tempo consumindo a planta, sua cutícula é mais danificada, formando pontos necróticos (Marin e Cisneros, 1983). A área necrosada é causada, aparentemente, pela ação de uma toxina introduzida pelo inseto durante sua alimentação, mas essa hipótese ainda não foi comprovada.

Nem todas as fêmeas amadurecem ao mesmo tempo. Depois de três gerações não é possível distinguir claramente a qual geração pertence o inseto. De uma população inicial homogênea, resulta naturalmente uma população heterogênea. Esse fenômeno resulta na necessidade de colheitas mensais, em vez de a cada três meses (por geração).

Inimigos naturais da cochonilha

No México existem vários inimigos naturais da cochonilha. As cochonilhas selvagens são, até certo ponto, inimigos naturais, porque ocupam espaço no cladódio. No Peru e na Bolívia só foi identificado um inseto predador, o *Allograpta* sp. (Diptera: Syrphidae); esse inseto pode atingir níveis daninhos, particularmente em cladódios protegidos do vento e do sol. a larva se alimenta do primeiro e do segundo instar.

Manejo intensivo

A produção com manejo intensivo só existe em empresas privadas, onde é necessário aumentar a densidade da plantação, chegando a 8.000 - 20.000 plantas por hectare (ao contrário das operações de agricultores pequenos, com 1.600 plantas/ha). Essa densidade produz rendimentos médios de 150 a 300 kg de cochonilha seca por hectare e ano.

Foram feitos estudos sobre manejo técnico intensivo, que consideram: inicialmente uma "semeadura" artificial, uma infestação natural e, em seguida, uma colheita total depois de oito meses. Depois disso, o processo se inicia novamente com outra "semeadura" artificial nos cladódios. As vantagens são: controle sobre o nível de infestação e produção e uma população homogênea. Com esse tipo de manejo é muito difícil que a cochonilha danifique a planta e se consegue uma produção sustentável. Infelizmente, as colheitas são muito reduzidas e a infestação artificial corre grande risco de falhar. As infestações sucessivas produzem populações mais densas para as colheitas subseqüentes. Em infestações naturais, as colônias são formadas por grupos de muitas fêmeas, o que significa um rendimento alto e uma colheita mais fácil. Em infestações artificiais não foi observada a formação de colônias. O manejo técnico da planta tem como objetivo mantê-la em boas condições e evitar uma senilidade rápida ou um excesso de vigor. As plantas se beneficiam da rega e da fertilização. Palomino e Navarro (1985) recomendam três níveis de fertilização para agricultores especializados na produção de cochonilha nas áreas andinas do Peru:

1)	5 ton/ano de adubo decomposto	=	3 pás por planta
2)	3,5 ton de adubo decomposto	=	2 pás por planta
	44 kg de uréia	=	30 g por planta
	65 kg de superfosfato tríplice	=	42 g por planta
	20 kg de potássio (KCl)	=	12 g por planta
3)	90 kg de uréia	=	50 g por planta
	130 kg de superfosfato tríplice	=	80 g por planta
	35 kg de potássio (KCl)	=	20 g por planta

A poda é essencial para renovar a copa da planta e eliminar cladódios débeis.

MANUSEIO DA COLHEITA E DA PÓS-COLHEITA

O manuseio da colheita e da pós-colheita da cochonilha consiste dos seguintes passos:

1) Colheita seletiva de cochonilha madura e poedeira de ovos.
2) Limpeza manual da colheita para eliminar espinhos e impurezas grandes.
3) Opcionalmente, classificação da cochonilha pré-seca com um peneiramento.
4) Opcionalmente, matança da cochonilha.
5) Secagem.
6) Classificação (segunda) durante o peneiramento pós-seco.
7) Primeira revisão quanto a impurezas.
8) Armazenagem em sacos de juta ou algodão.

A cochonilha a ser colhida deve estar madura e ser poedeira de ovos. As cochonilhas pequenas têm um percentual baixo de ácido carmínico (A.C.), entre 13 e 16 porcento (peso seco). Na colheita são utilizados vários materiais. O Peru é conhecido pelas inovações na colheita; durante a separação da cochonilha deve-se ter cuidado, já que a larva que está cheia de líquido vermelho pode se abrir com facilidade durante o manejo. A colheita de colônias é feita com pincéis pequenos de pelos ou de raízes de plantas nativas, utilizando-se, também, pequenos paus para a colheita individual. A colheita nos principais departamentos produtores do Peru é feita de forma primitiva, sem levar em conta os estágios do inseto, que é o que determina a época mais propícia da colheita. As horas matinais são as melhores para a colheita. Os ventos da tarde podem folgar os gloquídios, dificultando o trabalho do colhedor. Em termos de qualidade e quantidade, a melhor cochonilha é a colhida nos meses de abril a outubro, com pouca colheita nos meses chuvosos, quando a cochonilha é lavada do cladódio. durante as épocas ótimas de colheita, os colhedores têm capacidade de colher de 3 a 5 kg de cochonilha por dia.

A classificação da cochonilha fresca imediatamente depois da colheita separa a madura da não madura. Quando se deseja alta qualidade, essa classificação é essencial. Matar a cochonilha é uma prática comum, e sua finalidade é evitar que as fêmeas maduras poedeiras liberem ovos.

O método tradicional adotado no Peru consiste em espalhar a cochonilha sobre lonas de plástico ou badejas de metal expô-las ao sol por 5 a 6 horas diárias durante 7 dias no mínimo. A cochonilha deve ser revolvida com freqüência para evitar que o inseto se amontoe ou se junte. A principal desvantagem desse método é a baixa qualidade, resultante do baixo teor de ácido carmínico.

A diferença qualitativa entre cochonilha pós-poedeira e cochonilha morta (expressa em termos de percentual de ácido carmínico) é de 6 porcento a favor da pós-poedeira (mínimo de 20% e máximo de 26%). Os agricultores praticam a matança dos insetos, não por razões de qualidade, mas devido ao maior peso final que se obtém. A venda da cochonilha não se baseia na qualidade, o que torna vantajoso aumentar a quantidade.

Quando o período de postura de ovos chega a seu final naturalmente, a perda de peso da cochonilha chega a 20 porcento. Por outro lado, deve-se levar em conta que a matança da cochonilha reduz o percentual de ácido carmínico para aproximadamente o da qualidade mínima do mercado internacional. Quando se maneja bem o período de postura de ovos, é possível balancear a qualidade com a quantidade.

A relação entre os vários métodos de matar o inseto e a qualidade da cochonilha foi estudada. Todos os demais passos de manuseio pós-colheita foram dados, visando-se obter uma qualidade ótima. Os diferentes métodos de matança da cochonilha e suas respectivas qualidades resultantes estão expressas em percentuais de ácido carmínico na Tabela 27.

Verificou-se que, com um período maior de postura de ovos (morte natural lenta na sombra e refrigeração), obtinha-se um efeito positivo sobre a qualidade. O congelamento resultava numa qualidade baixa, porque talvez a estrutura química do corante era afetada. A gasolina, água fervente e a sufocação no vapor não são práticas adequadas porque reduzem a qualidade. Além do mais, a

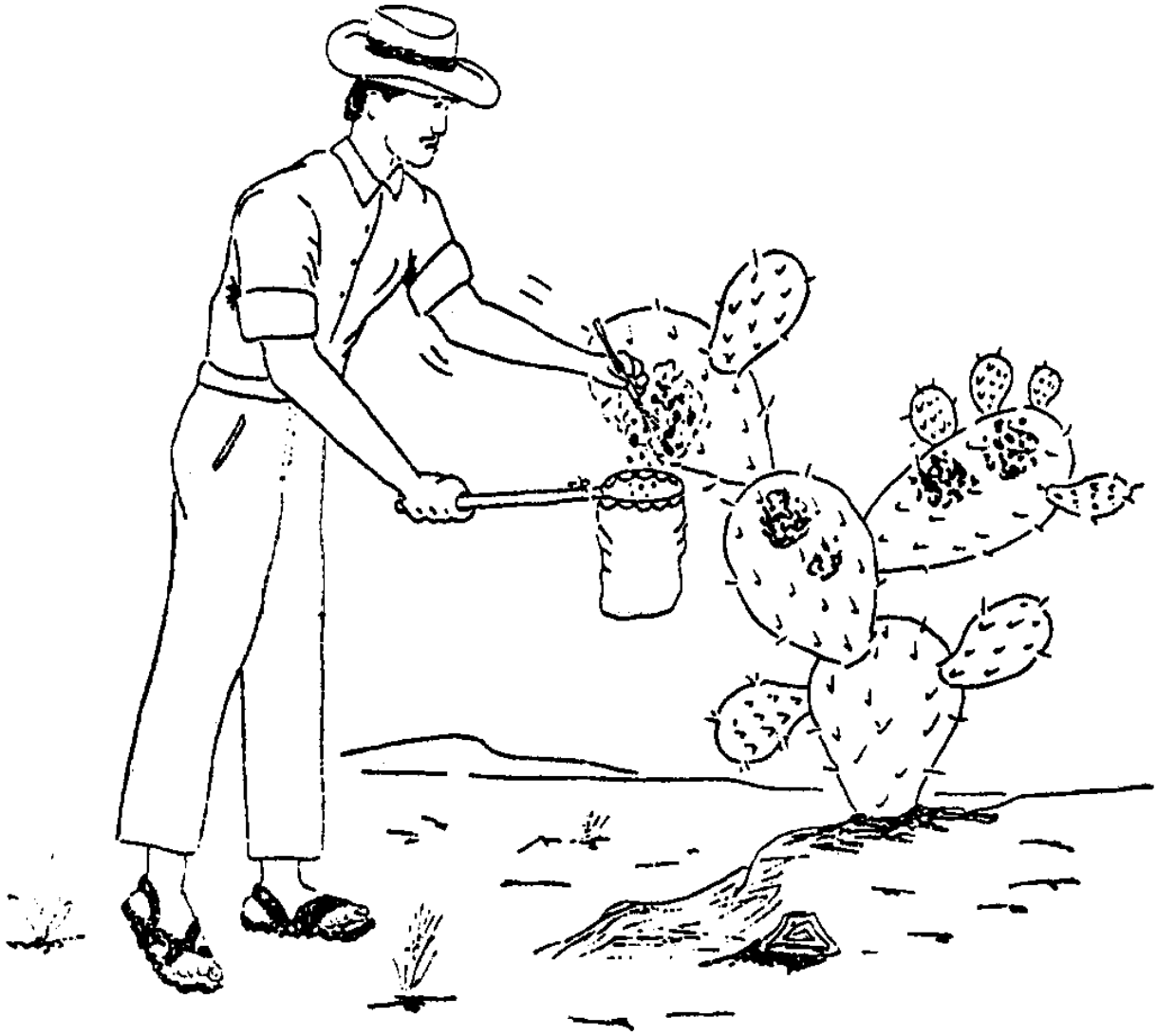


Figura 32. Colheita da cochonilha.
Fonte: FBE, 1992a

gasolina deixa resíduos na cochonilha, tornando-a um produto inadequado para venda. Matar o inseto com hexano é uma prática aplicada nas grandes empresas do Peru; considera-se que é eficaz e não deixa resíduos, mas o hexano é de difícil obtenção no mercado.

Tabela 27.
Métodos de matança da cochonilha.

Método de matança	Qualidade (% AC)
Morte natural na sombra (postura de ovos exaurida)	26,04
No sol	21,33
Sufocação no saco	21,38
Água fervente	20,75
Sufocação em vapor	20,24
Congelamento	18,18
Refrigeração	24,89
Gasolina	20,39
Hexano	22,05
Insolação (75%)	21,12

Fonte: Tekelenburg, 1994.

Depois de morta, a cochonilha deve ser secada até uma umidade entre 7 e 10 porcento. Normalmente a secagem é feita sobre lonas e na sombra, sendo o fluxo de ar importante para evitar a putrefação. Sob temperaturas altas a secagem é mais rápida e não afeta a qualidade; da mesma forma, os raios solares diretos não afetam a qualidade. Como mencionado anteriormente, um dos requisitos de qualidade é o percentual de ácido carmínico; o outro é o tamanho da cochonilha, que deve ser peneirada numa peneira com malha de 14 mesh (14 furos por polegada ou cerca de 200 furos por polegada quadrada). A cochonilha seca é que deve ser peneirada nessa peneira. Depois de seca e peneirada, a cochonilha fica limpa, com 80 a 85 porcento de primeira qualidade (Bustamante-Murillo, 1985; Tekelenburg, 1994).

Depois são feitos uma limpeza final e um controle, após o que a cochonilha é vendida em sacos de juta com 50 kg de peso líquido.

PRODUÇÃO DE COCHONILHA EM ÁREAS COBERTAS

Durante o período colonial no México, quando a produção de cochonilha era alta, era prática permanente o uso de métodos de proteção nos cultivos de cochonilha para prevenir a lavagem por chuvas ou o arrancamento por ventos (especialmente nos estágios não maduros da cochonilha do carmim). São feitas referências ao uso de latadas e carriços, folhas de palmeira na Mizteca e de folhas de bananeira ou de palmeira nas regiões quentes. Da mesma forma há relatos referentes a lugares mais frios e chuvosos em que os cladódios cortados eram postos em ambientes fechados ou dentro das casas, a fim de garantir a inoculação nos meses mais favoráveis.

Quando os preços da cochonilha eram altos, havia interesse em intensificar a produção e buscar métodos técnicos que pudessem aumentar a qualidade. Empresas médias e grandes, sobretudo as que exportavam cochonilha, buscaram tecnologia para produzir sob condições protegidas, visando aumentar o rendimento por área de investimento. Adicionalmente, com o objetivo de prevenir que a cochonilha danificasse a planta, a opção mais lógica foi a de promover o crescimento da planta em separado da produção do inseto. Assim seria possível tirar proveito dos outros usos da planta, enquanto que os cladódios cortados eram utilizados para a produção de cochonilha em áreas cobertas.

Na Bolívia foram realizadas várias experiências sobre a produtividade e rentabilidade da produção de cochonilha em áreas cobertas (FBE, 1992a; Mejía Vidaurre, 1993; Tekelenburg e Ortuño, 1992). O objetivo desse projeto era a definição técnica da produção em áreas cobertas para

empresas médias, bem como para pequenos agricultores. Por outro lado, os cientistas utilizaram a produção de cochonilha em áreas cobertas para estudos específicos sobre o controle dos fatores climatológicos, sem objetivos produtivos ou econômicas (Flores-Valdez, 1990; Portillo e Zamarripa, 1992).

Foram estudados vários projetos de coberturas, utilizando o máximo possível de materiais locais. Nas áreas cobertas foram construídas unidades de estantes de madeira para se colocar os cladódios. Também foram plantados cladódios no piso de terra para manter uma umidade adequada.

As várias exigências para o desenvolvimento ótimo do inseto e a manutenção do cladódio foram as principais limitantes para a rentabilidade do sistema. Apesar das condições climáticas aparentemente favoráveis, os níveis de produção permaneceram baixos. O retorno econômico não compensou e a maior preocupação foi o fato de a qualidade da cochonilha pequena colhida ter ficado abaixo dos padrões de exportação. Os cladódios mais apropriados para a produção de cochonilha em área coberta são as de *O. ficus-indica* Mill., que produzem frutas brancas, com uma idade de 8 a 12 meses e com um vigor padrão. A colheita atingiu uma média de 17 g de cochonilha fresca da variedade branca e 12 g da variedade amarela, usando-se 5 g de fêmeas poedeiras para a infestação. A qualidade da cochonilha produzida não excedeu um teor de 20 porcento de ácido carmínico. A produção em área coberta também necessita de um alto índice de mão de obra.

RENDIMENTOS E LUCROS

Ritmos de produção e rendimentos de cochonilha

As estimativas de produção de cochonilha por hectare dependem dos seguintes fatores: colheita de cochonilha seca por cladódio, número de colheitas por ano, número de cladódios por planta e número de plantas por hectare. Esses cálculos, no entanto, não levam em conta a dinâmica e diferenças de desenvolvimento da população de cochonilha e sua heterogeneidade. No Peru estima-se um rendimento anual de 21,5 a 33,3 kg/ha de cochonilha seca, sem considerar o ritmo de produção. Esses rendimentos se baseiam em opuntias com espinhos em palmais nativos selvagens com 800 plantas/ha (Sánchez-Grados, 1985). O mesmo autor propõe uma estimativa de rendimento para plantações com 2.500 plantas/ha; começando no terceiro ano, alcançaram-se 50 g/ano de cochonilha seca por planta, no ano seguinte chegou-se a 67 g/ano por planta, depois 83 g/ano por planta. Esses rendimentos são projetados para 125, 168 e 208 kg/ha e ano de cochonilha seca. Na Bolívia observou-se que os rendimentos de cochonilha caíam consideravelmente depois de poucos anos, devido à má condição da planta hospedeira. Como a cochonilha causa uma debilitação geral da planta, deve-se dar a ela um tempo de descanso e recuperação. Recomenda-se colher toda a cochonilha durante cinco anos depois da primeira colheita; em seguida, deve-se eliminar a cochonilha por meio de podas sanitárias e fertilização para fortalecer a planta hospedeira. Quando ela tiver dois níveis de cladódios novos sãos e verdes, poderá ser infestada novamente.

Esses ciclos se repetem várias vezes, tendo em vista que a planta pode chegar a uma idade de mais de 50 anos. Para cada tecnologia específica foram determinadas estimativas dos ritmos de produção (Tabela 28).

O camponês tradicional começa a produzir cochonilha no quarto ano (incluindo os três primeiros anos não produtivos). Uma produção anual média com manejo tradicional nos 13 primeiros anos é de 45 kg de cochonilha seca. A partir do início da infestação, atinge-se uma média de 58 kg/ano. Com manejo técnico, o camponês atinge respectivamente 92 e 119 kg/ano. O agricultor obtém colheitas maiores, ou seja, uma média de 116 kg desde a plantação da palma forrageira e 137 kg/ano desde a infestação, respectivamente.

São muitas as diferenças entre as tecnologias aplicadas. O camponês usa tecnologia tradicional, plantando em terras marginais e sem rega, e considera a produção de cochonilha como um complemento de sua produção tradicional. O manejo da palma forrageira é feito pela família e a diversificação de seus usos é importante para ela. A área plantada tem uma densidade de 1.600 plantas/ha e a média é de 0,5 ha.

Tabela 28.
Produção anual de cochonilha seca em função da tecnologia usada.

	Anos de produção									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Tecnologia aplicada	**Cochonilha seca (kg/ha)**									
Manejo tradicional camponês	0	0	0	20	60	110	130	0	20	60
Manejo técnico camponês	0	0	100	130	130	100	0	60	110	130
Manejo produtor mecanizado	0	0	65	195	255	225	195	0	165	195

Fonte: FBE, 1992b.

Com manejo técnico, o camponês trabalha sob as mesmas condições que as indicadas para manejo tradicional, mas dispõe de 1 ha por família. A fertilização, a proteção da planta e uma infestação rápida com dupla "semeadura" são realizadas adequadamente. A densidade final da área plantada. depois de dois períodos de plantação, é de 2.500 plantas/ha.

O agricultor mecanizado planeja produzir cochonilha somente em solos de boa qualidade, com sistemas de alta densidade de plantas e um manejo permanente na plantação.

Necessidades de mão de obra e análise financeira

A tecnologia tradicional requer pouco trabalho. A plantação, "semeadura" e manejo do primeiro ano necessita de 90 dias de trabalho /ha. Plantações em plena produção de cochonilha (sétimo ano) necessitam de 150 dias de trabalho/ha. Os camponeses produzem 0,50 a 0,67 kg de peso seco de cochonilha por dia e as empresas privadas até 0,86 kg/dia.

No quinto ano, os camponeses recuperam seu investimento através da venda de cochonilha. O lucro anual para um manejo tradicional camponês é de US$ 1.280/ha e aumenta para US$ 1.420 com o manejo técnico camponês. A taxa de retorno interno calculada para camponeses é muito alta, entre 41 e 61 porcento.

As empresas privadas recuperam o capital investido depois de dez anos. O lucro médio anual é de US$ 1.760 por hectare. A taxa de retorno interno é baixa (9-15 porcento) e pode ser negativa (não rentável) com pequenas variações nos preços de exportação da cochonilha, custos de produção, etc.

Os investimentos necessários para a empresa privada são muito altos, assim como também o são os custos operacionais. Deve-se verificar se a produção de cochonilha pode dar um retorno positivo. Os lucros por hectare para a produção de cochonilha são proporcionalmente mais altos para o pequeno produtor.

Em geral, a atividade requer muito apoio em termos de investimento, assistência técnica para a produção e comercialização do produto.

RECONHECIMENTOS

Os autores agradecem a Dr. A. V. Guzmán, L. Portillo Martínez e H. G. Zimmermann por sua valiosa assistência na preparação desse manuscrito.

PRODUÇAO DE ENERGIA

por **V. García de Cortázar G**. e **M. T. Varnero M.**

Universidad de Chile, Santiago, Chile

INTRODUÇÃO

As plantas e os animais contêm energia potencial armazenada nas ligações químicas da matéria. Através de processos bioquímicos (principalmente fermentações) qualquer matéria orgânica pode ser transformada em combustível (metano ou etanol) e esse energia pode ser utilizada para realizar trabalho. Existem processos para a geração de metano (CH_4) e etanol (Ch_3CH_2OH) com diferenças relacionadas basicamente ao custo e ao nível da tecnologia necessária. Todavia, há conhecimento suficiente para aceitar que a produção de metano ou etanol pode ser econômica, desde que se apliquem as tecnologias corretamente. A produção de etanol exige um alto capital para investimento e se adapta melhor à produção em grande escala, enquanto que a produção de metano é prática comum em propriedades rurais ou em comunidades (National Academy of Science, 1979, 1981). Em função dos baixos custos e das menores exigências tecnológicas, a principal ênfase, neste capítulo, será dada à produção de biogás, que é o nome mais comum dado à mistura obtida de uma fermentação anaeróbica completa da matéria orgânica. Ela se compõe tipicamente de 50 a 80 porcento de metano, 15 a 40 porcento de CO_2, pequenas quantidades de H_2 e outros gases (Lagrange, 1979).

Outro aspecto da produção de energia a partir da matéria orgânica é que se trata de uma maneira eficiente de reciclar rejeitos agrícolas. Tipicamente os resíduos agrícolas representam mais de 50 porcento de toda matéria orgânica produzida pelos cultivos destinados a frutas e em dois meses os animais produzem excrementos equivalentes a seu peso. Todos esses resíduos, que ainda contêm uma grande quantidade de nutrientes e de energia, podem gerar, não apenas combustível, mas também fertilizantes, acondicionadores do solo e/ou alimento animal (Varnero, 1991). A agricultura das zonas áridas geralmente apresenta uma baixa produção de biomassa e, portanto, baixas quantidades de resíduos; não obstante, as temperaturas nessas zonas são adequadas e favorecem os processos de produção de biogás (Currie *et al*., 1992). As plantas CAM, que têm alta produtividade nas zonas áridas em comparação com as C_3 ou C_4, foram propostas como boas opções para a produção de energia nessas zonas (Acevedo, 1983).

A palma forrageira (*O. ficus-indica* (L.) Mill.) tem muitos usos (descritos em outros capítulos deste livro) e também pode ser utilizada para a produção de energia: ou como forma de aumentar a eficiência de campos agrícolas dedicados à produção de frutas/forragem ou, potencialmente, apenas para energia. Os cladódios são um bom material para a geração de biogás, sejam apenas eles ou misturados com excrementos de gado bovino ou caprino (Varnero e Arellano, 1990; Varnero *et al*., 1992; Uribe *et al*., 1992). Sob condições de rega e alta fertilização, essa cultura tem uma alta produção de biomassa (mais de 40 ton de matéria seca/ha e ano), equivalente a culturas C_3 e C_4 (García de Cortázar e Nobel, 1991, 1992) e as produtividades potenciais são de mais de 10 ton de matéria seca/ha e ano em zonas com quantidades de chuva limitadas para a maioria das culturas mais comuns (García de Cortázar e Nobel, 1990). Essas produtividades tornam essa espécie uma boa fonte de biomassa para a produção de energia.

ASPECTOS BÁSICOS E POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ETANOL

A produção de biogás ocorre em muitos ecossistemas naturais, como lagos, pântanos, solos inundados, bem como nos sistemas digestivos de animais. Pode-se sintetizá-lo artificialmente através de tratamento anaeróbico de várias matérias primas, como excrementos animais e humanos, e rejeitos agrícolas e industriais. Pode-se considerar que a matéria orgânica de qualquer origem se compõe de duas partes: volátil e não volátil. A primeira inclui todos os componentes perdidos quando a matéria orgânica é esquentada em formo a temperaturas acima de 500ºC (todo o carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), a maior parte do nitrogênio (N) e alguma coisa de enxofre (S)) e a segunda corresponde aos minerais. A parte volátil é, através de fermentação, a fonte de metano ou etanol. O caminho para produzir esses dois combustíveis está representado na Figura 33.

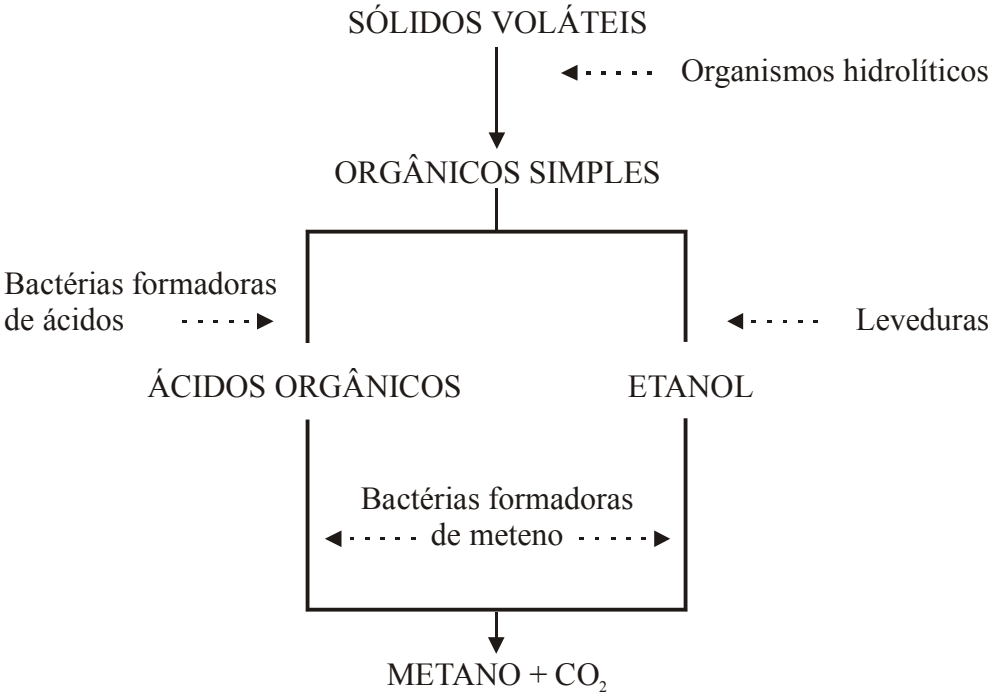


Figura 33. Estágios das transformações anaeróbicas da matéria orgânica para etanol e/ou metano com os principais grupos de microorganismos responsáveis pelos processos.

No primeiro estágio, um grupo de microorganismos facultativos realiza a hidrólise de materiais complexos para transformá-los em glicose. Se houver a presença de leveduras, o segundo estágio será a formação de etanol. Se houver bactérias produtoras de ácidos, o processo será a geração de ácidos orgânicos, sobretudo ácido acético. No terceiro estágio, se houver uma quantidade suficiente de bactérias metanogênicas, todos os produtos formados anteriormente (ácidos, etanol, CO_2, H_2) podem se transformar essencialmente em metano e CO_2. Essa mistura (mais pequenas quantidades de H_2 e outros gases) é o que geralmente se chama de biogás. O conteúdo energético do biogás depende da proporção de metano e oscila entre 18,8 e 27,2 MJ/m^3 (Lagrange, 1979). Nem todos os sólidos voláteis terminam como gases; alguns materiais muito lignificados não podem ser completamente hidrolizados e a produção do processo será menor que a otimizada. A proporção de metano no biogás e, portanto, sua qualidade como combustível, varia, dependendo de: quantidade de oxigênio no meio (as bactérias metanogênicas são anaeróbicas), do material inicial (especificamente, as proporções de C, H_2, O_2, N), do pH (o ótimo é cerca de 6-7) e

da temperatura durante o processo. A Tabela 29 mostra a produção máxima a partir de diferentes materiais sob condições ótimas de temperatura, anaerobiose e pH. Os rendimentos reais dependerão do encadeamento correto dos três estágios mostrados na Figura 33. Qualquer mudança de temperatura, de pH ou de concentração afetará sobretudo as bactérias metanogênicas, ao passo que as bactérias formadoras de ácidos são menos sensíveis. Assim, é relativamente fácil que se produza um excesso de ácido, o que resulta numa maior redução da atividade da bactéria metanogênica e, consequentemente, a interrupção da geração de biogás.

A tecnologia da produção de etanol é mais complexa que a produção de biogás, já que o processo de fermentação (semelhante ao da produção de biogás sob muitos aspectos) deve ser seguido de uma destilação para obtenção do combustível (a concentração de etanol é de 8-12% no fermento e, para ser usado como combustível, deve ser de, no mínimo, 95 a 98%). O biogás não necessita de processamento adicional depois da fermentação. Outra diferença é a necessidade de tipos específicos de leveduras para se obter alta produtividade de etanol, enquanto que, para a produção de biogás, os microorganismos normais presentes no resíduo animal podem produzir grandes quantidades de biogás. Informações específicas sobre projeto e operação de instalações produtoras de etanol e sobre as aplicações dessa tecnologia em países em desenvolvimento podem ser obtidas no USDA (1980) e no Banco Mundial (1981). Tipicamente a produção de etanol a partir de diferentes culturas varia entre 67 e 387 litros/ton (FAO, 1981). Para *O. ficus-indica* os rendimentos medidos são de 76 litros/ton de cladódios secos e de 247 litros/ton de frutas secas (Retamal *et al*., 1987b), com potencial semelhante ao das culturas C_3 e C_4.

BIOGÁS A PARTIR DE PLANTAS E ANIMAIS. CÁLCULOS PRÁTICOS

As informações apresentadas nas Tabelas 29 e 30 podem ajudar a estimar a produção máxima de biogás sob diferentes condições. Apresentam-se dois problemas e suas soluções.

Problema 1: Todos os anos uma plantação para produção de frutas de *O. ficus-indica* tem que eliminar cladódios velhos das plantas. A produção de cladódios é de 10 ton de matéria seca por ha e por ano, com 80% de sólidos voláteis. A temperatura média durante a fermentação é de 20ºC. Quanto biogás pode-se obter? Qual a duração do processo?

Solução: De acordo com a Tabela 29, a produção máxima de biogás depois de uma fermentação completa é de 0,512 m^3/kg de cladódios secos (0,64*80% de sólidos voláteis). Assim, a produção de biogás será de 5,120 m^3/ha. A duração do processo de fermentação será de 28 dias (Tabela 30).

Problema 2: Uma plantação de *O. ficus-indica* de alta densidade é utilizada para alimentar gado e para produzir biogás. A produção de cladódios de metade da plantação é usada para alimentar o gado e a outra metade para alimentar o digestor. Os resíduos animais são despejados no digestor. Todos os pesos estão expressos em matéria seca, a fim de simplificar os cálculos. A produção de matéria seca é de 40 ton por ha e ano, cada animal come 10 kg de palma por dia e a produção de excrementos é de 4 kg por dia. O percentual de sólidos voláteis é de 80%, tanto nos excrementos dos animais, quanto nos cladódios. Qual é o rendimento máximo de biogás por hectare?

Solução: Um hectare pode alimentar 11 cabeças de gado (40 ton/ha durante 365 dias/ano ou 10 kg/cabeça e por dia), produzindo 16 ton de excrementos/ano. Se a metade da área é usada para alimentar o gado, a produção anual de excrementos animais será de 8 t/ha e a carga direta dos cladódios será de 20 ton/ha. A produção máxima de biogás por quilo de excremento animal sólido será de 0,27 m^3 (0,338*0,8) e de 0,51 (0,64*0,8) m^3/kg de cladódio (Tabela 29). A produção total de biogás dessa mistura será de 12,360 m^3/ha e ano (8,000*0,27 + 20,000*0,51) ou o equivalente a 8,5 ton de petróleo (Varnero, 1991).

Tabela 29.
Produção potencial de biogás a partir de diferentes materiais. O biogás está expresso por unidade de peso seco de sólidos voláteis (SV). Os resíduos animais ou vegetais típicos têm um conteúdo de SV de 70-80% da matéria seca. Os volumes estão expressos à temperatura de 0ºC e à pressão de 1 atm.

Material	Fórmula química	Biogás (m^3/kg SV)
Carboidratos	$C_6H_{10}O_5$	0,750
Lipídios	$C_{16}H_{32}O_2$	1,440
Proteínas	$C_{16}H_{24}O_5N_4$	0,980
Excrementos de gado		0.338
Excrementos de ovelhas		0,180
Excrementos de cabras		0,100
Palha de trigo		0,458
Palha de milho		0,642
Cladódios de *O. ficus-indica*		0,640
Frutas de *O. ficus-indica*		0,778

Tabela 30.
Efeito da temperatura sobre o período de fermentação para a produção máxima de CH_4.

Temperatura ºC	Número de dias
10	56
20	28
25	20
30	14
35	10
40	10

Fonte: Mc Carthy, 1964.

PROJETO E OPERAÇÃO DE BIODIGESTORES

Vários extensos trabalhos sobre o projeto de digestores anaeróbicos foram realizados em diversos países, como Índia, China, Alemanha, Taiwan e Estados Unidos. A maior parte da produção e uso do metano nos países desenvolvidos foi obtida a partir de biodigestores familiares. Os biodigestores comunitários também são possíveis em muitas situações, mas exigem uma maior quantidade de matéria prima e um maior nível tecnológico para operação em grande escala. As informações sobre projeto e operação de biodigestores encontram-se disponíveis em várias fontes (Lagrange, 1979; IICA, 1981; FAO, 1986; Varnero, 1991), razão porque aqui só se fará uma breve abordagem.

Basicamente há dois tipos de biodigestores: tipo contínuo e tipo batelada.

No tipo contínuo a carga do material é feita freqüentemente (diária ou semanal) e em cada carga se recoloca aproximadamente 5 a 15 porcento do volume total. A concentração de sólidos é baixa (2-6 porcento do volume total) e, uma vez iniciado o processo de digestão, a taxa de produção de biogás é relativamente constante (dependendo principalmente da temperatura). Esse tipo se adapta melhor a situações em que haja uma produção constante de material para biodigestão, como os produtos residuais diários de fazendas de gado, agroindústrias ou áreas urbanas.

Nos biodigestores tipo batelada, a carga de material é feita de uma só vez, não havendo recarga durante todo o processo de fermentação. A concentração de sólidos é mais alta que em um

digestor do tipo contínuo (aproximadamente 50 porcento). A taxa de produção de biogás tem um período inicial de espera, durante o qual quase não há produção de gás, seguido de um período de aumento da produção (algumas vezes a taxa dessa produção é maior que a de biodigestores contínuos) para, finalmente, reduzir-se a zero. A duração de todo o processo depende da temperatura. Esse tipo de digestor é particularmente útil, quando os materiais não se encontram disponíveis durante todo o ano, mas apenas em certos períodos definidos (como a colheita de cladódios uma ou duas vezes por ano), ou quando a mão de obra ou a disponibilidade de água é limitada.

Sob condições ótimas e para a mesma carga de matéria seca, ambos os tipos de biodigestores produzem a mesma quantidade de biogás. Assim, a seleção do tipo deverá se basear na periodicidade da produção de resíduos e na disponibilidade de água. Para maximizar a eficiência da produção de gás em ambos os tipos, deve-se assegurar anaerobiose, pH neutro e temperatura adequada. Outros aspectos importantes a considerar são: o tamanho das partículas (tamanhos menores aumentam a eficiência da fermentação), a necessidade de agitação mecânica na batelada contínua (no mínimo uma por dia) e, eventualmente, o uso de parte do biogás para aquecer o digestor (o que aumenta a eficiência do processo em áreas frias). Face ao exposto, é importante considerar o picamento do material antes de carregá-lo, a instalação de agitadores mecânicos e de sistemas de aquecimento.

PRODUÇÃO DE ENERGIA E USO EFICIENTE DOS RECURSOS

Atualmente a agricultura enfrenta aumentos de custos. Também é necessária uma maior eficiência do manejo para se reduzir contaminações e assegurar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A introdução de processos de fermentação de resíduos pode servir, não apenas para a obtenção de combustível barato, mas também para reciclar elementos caros, como os fertilizantes. De fato, algo de reciclagem é feito em áreas onde os cladódios e os resíduos animais são incorporados ao solo, mas a eficiência da mineralização da matéria seca sob condições naturais em zonas áridas é baixa, sobretudo em razão da baixa disponibilidade de água. A fermentação de resíduos em compartimentos fechados torna o uso da água disponível muito eficiente e não produz apenas biogás, mas também resíduos sólidos com altos teores nutritivos que ficam disponíveis para as plantas mais rapidamente que resíduos não tratados. Varnero (1991) indica que 1 ton de biofertilizante obtido de resíduos animais e vegetais tem um teor nutritivo equivalente a 40 kg de uréia, 50 kg de nitrato de potássio e 94 kg de superfosfato tríplo. Também deve-se considerar outros efeitos positivos, como o aumento de retenção da água e a maior infiltração obtida, quando essa matéria orgânica estabilizada se misturar com o solo. Em zonas áridas, onde a chuva é pouca, mas intensa, é muito importante uma maior capacidade de retenção de umidade e uma maior taxa de infiltração. A Figura 34 mostra um sistema integrado, que é a direção que deve ser seguida para se obter eficiência e sustentabilidade numa agricultura baseada na palma forrageira.

Ter inicialmente uma alta densidade e insumos caros (fertilizantes químicos mais combustíveis fósseis, setas marcadas com 1 e 2 na Figura 34) é uma necessidade para garantir uma alta produção de biomassa. Esta pode gerar vários produtos: frutas, carne, leite, energia. Até agora, a produção típica de *O. ficus-indica* tem sido direcionada essencialmente aos fluxos marcados com 3 na Figura 34, com quase nada de reciclagem. Os principais fatores limitantes para uma alta produção de biomassa têm sido a baixa densidade de plantas e o pequeno consumo de fertilizantes, o que leva a rendimentos baixos. Manter uma alta produção de biomassa exige insumos constantes de fertilizantes para balancear os nutrientes enviados às frutas e aos cladódios (quando se produz verdura) ou a perda de nutrientes por uma destruição não controlada dos resíduos.

Por essa razão, o primeiro passo para aumentar a eficiência da produção e reduzir os custos, é processar todo o material residual através de biodigestores (setas marcadas com 4 na figura 34). Isso levará a: redução da quantidade de fertilizantes químicos, substituídos por biofertilizantes

(redução do fluxo 1 por meio do fluxo 6), e redução do consumo de combustível fóssil, substituído pelo biogás (redução do fluxo 2 por meio dos fluxos 7 na Figura 34).

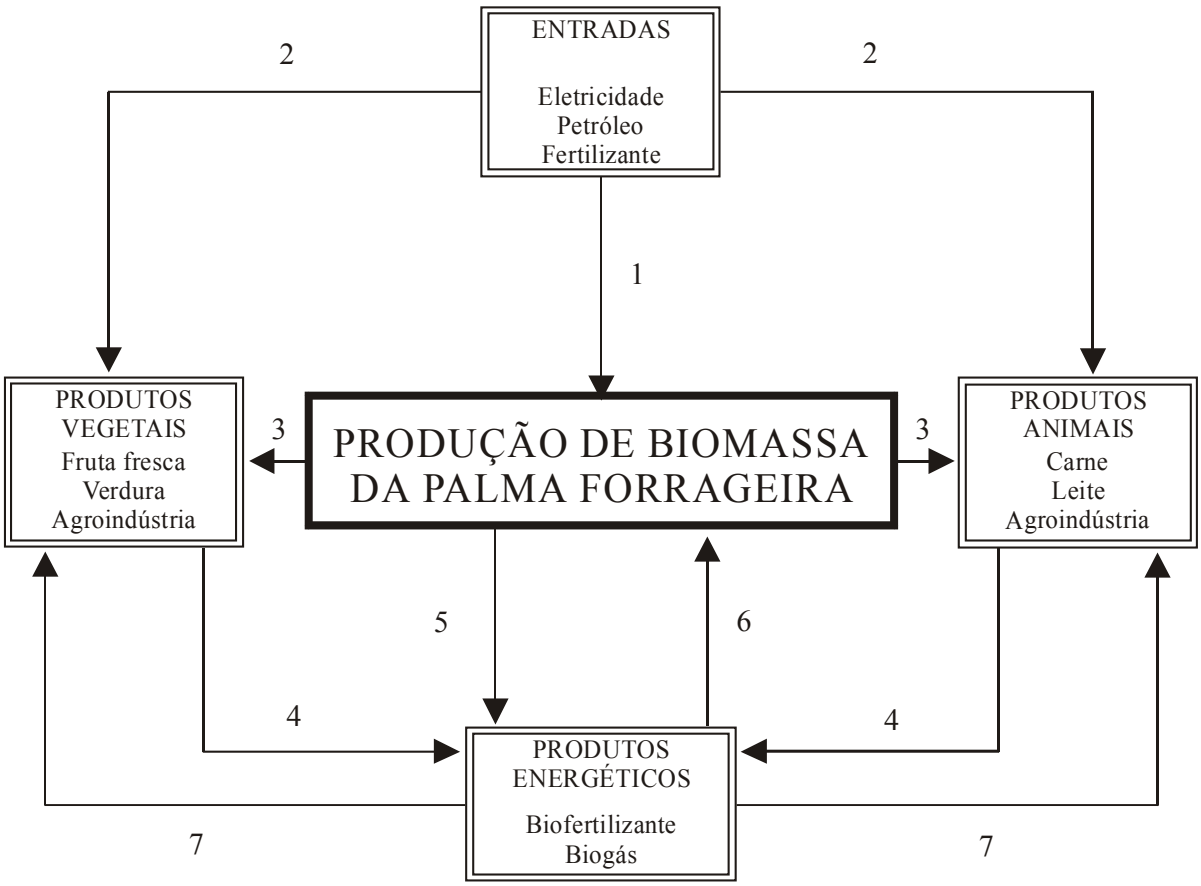


Figura 34. Diagrama de fluxo para um sistema agrícola otimizado, baseado na produção de palma forrageira. Setas: 1) Fluxo de fertilizantes químicos; 2) Necessidades energéticas satisfeitas com combustíveis fósseis; 3) Produtos da agricultura da palma forrageira; 4) Fluxo ideal para resíduos animais e vegetais; 5) Carga direta do biodigestor com biomassa da palma forrageira; 6) Reciclagem de nutrientes através de biofertilizantes; 7) Necessidades de energia satisfeitas com biogás.

A sustentabilidade pode ser aumentada, se a produção de energia for a meta principal. Isso pode ser melhor ilustrado, se se admitir teoricamente que a biomassa produzida servirá somente para a produção de energia. Nesse caso, os fluxos dos produtos vegetais e animais serão zero e toda a biomassa se destinará à produção de energia (fluxo 5 na Figura 34). À exceção de um alto aporte inicial de fertilizante químico para garantir uma alta produção de biomassa, o sistema exigirá, posteriormente, pequenos aportes de fertilizantes, devido a que a principal "saída" do sistema, que é o metano, se compõe de carbono proveniente do ar (como CO_2) e hidrogênio, procedente da água. Todos os demais elementos se reciclam e a fertilização só precisa complementar as perdas devidas à ineficiência dos processos.

São necessárias mais pesquisas para a implantação prática desses sistemas eficientes e as pesquisas atuais dos autores apontam nessa direção. Estão sendo pesquisadas formas de aumentar a eficiência da produção do biogás e do biofertilizante e está sendo avaliada a eficiência real da reciclagem. As evidências atuais sugerem que a produção de biogás e de biofertilizantes a partir da

palma forrageira é uma forma real e efetiva de aumentar a eficiência e a sustentabilidade de sistemas agrícolas em zonas áridas.

BIBLIOGRAFIA

Acevedo, E., 1983. Biomasa y energía. Simiente. 53(1-2): 3-13 pp.

Acevedo, E., I. Badilla e P.S. Nobel, 1983. Water relations, diurnal acidity changes, and productivity of cultivated cactus, *Opuntia ficus-indica*. Plant Physiol. 775-780 pp.

Agrios, G.N., 1978. Plant Pathology. 2nd ed. Academic Press, New York. 703 p.

Aguilar-Becerril, G., 1990. Influencia de la época y hora de cosecha de nopal verdura *(Opuntia* spp.*)* en la vida de postcosecha. IV Reunión Nacional y II Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Zacatecas, México. 73 p.

Alcorn, S.M. e T.V. Orum, 1988. Rejection of the names *Erwinia carnegiana* Standring 1942 and *Pectobacterium carnegana* (Standring 1942) Brenner, Teigeerwait, Miklos and Fanning 1973. lnt. J. Syst. Bact. 38: 132-134 pp.

Alexopoulos, C.J., 1979. Introductory Mycology, rd ed. John Wiley & Sons, New York. 632 p.

Almendares, L., 1992. Elaboración y conservación de jugo concentrado de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.) obtenido a partir de la fruta fresca y con almacenaje refrigerado. Tesis de Maestría. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago de Chile.

Alvarado e L. Sosa, 1978. Fisiología y Bioquímica del desarrollo del fruto del Nopal Tunero (*Opuntia amyclaea* Tenore). Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 73 p.

Alvarez-Armenta, R. e J. Pablo Cruz-Hernández, 1985. La influencia del cladodio aislado en la conservación de la tuna (*Opuntia amyclaea* Tenore). Congreso Nacional de Horticultura, Hermosillo, Sonora. México.

Annecke, D.P., W.A. Burger e H. Coetzee, 1976. Pest status of *Cactoblastis cactorum* (Berg) (*Lepidoptera: Phycitidae*) and *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (*Coccidea*: *Dactylopiidae*) in spineless Opuntia plantations in South Africa. J. Ent. Soc. Sth. Afr. 39(1): 111-116 pp.

Annecke, D.P. e V.C. Moran, 1978. Critical reviews of biological pest control in South Africa. 2. The prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. J. Ent. Soc. Sth. Afr. 41(2): 161-188 pp.

Archibald, E.E.A., 1935. The development of the ovule and seed of jointed Cactus (*Opuntia auranthiaca* Lindley). South African Journal of Science. Vol. XXXVI: 195-211 pp.

Arteaga Enciso, J.L., 1990. Influencia de la fertilización N-P-K en la producción de cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). Tesis para la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

Askar, A. e S.K. EI-Samahy, 1981. Chemical composition of prickly pear fruits. Dtsch. Lebensm. Rdsch. 77: 279-281 pp.

Ault, J.R. e W.J. Blackmon, 1987. *In vitro* propagation *of Ferocactus acanthodes* (Cactaceae). Hort. Sci. 22: 126-127pp.

Ayala-Huaytalla, M. e V.I. Flores-Flores 1986. Ciclo biológico del barrenador de los cladodios de "tuna" (*Coleoptera Nititulidae*). Primer Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla, Ayacucho, Perú. 52-53 pp.

Backeberg, C., 1958. Die Cactaceae. Veb. Gustav Fischer Verlag, Jena. 1: 552 p.

Badillo, J.R., 1987. Elaboración de una jalea de nopal. Tesis. Esc. Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Puebla, México.

Baldini E., O. Alberghina, G. Bargioni, D. Cobianchi, B. lannini, E. Tribulato e A. Zocca., 1982. Analisi energetiche di alcune colture arboree da frutto. Riv. Ingegneria Agraria. 13: 73-201 pp.

Banco Mundial, 1981. Producción de alcohol a partir de biomasa en los países en desarrollo. World Bank, Washington, D.C., Agosto, 1981.76 p.

Barbera, G., 1984. Ricerche sull' irrigazione del ficodindia. Frutticoltura. 46: 49-55 pp.

Barbera, G., F. Carimi e P. Inglese, 1991. The reflowering of prickly pear *Opuntia ficus*-indica (L.) Miller: influence of removal time and cladode load on yield and fruit ripening. Adv. Hort. Sci. 5:77-80 pp.

Barbera, G., F. Carimi e P. Inglese, 1992. Past and present role of the Indian-fig prickly-pear (*Opuntia ficus*-indica (L.) Miller, Cactaceae) in the agriculture of Sicily. Econ. Botany. 46:10-22 pp.

Barbera, G., F. Carimi, P. Inglese e M. Panno, 1992a. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. J. Hort. Sci. 67: 307-312 pp.

Barbera G., F. Carimi e P. Inglese, 1993. Effect of GA_3 and shading on the return bloom of prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L) Miller. J. S. Afr. Soc. Hort. Sci. 3: 9-10 pp.

Barbera G., F Carirni e P. Inglese, 1993a. Influenza dell' epoca di impianto e del tipo di talee sulla radicazione e sullo sviluppo di barbatelle di *O. ficus-indica* Mill. Frutticoltura. 10: 67-71 pp.

Barbera O. e P. Inglese, 1993. La coltura del ficodindia. Calderini Edagricole. Bologna, Italy. 189 p.

Barbera O., P. Inglese e T. La Mantia, 1994. Influence of seed content on some characteristics of the fruit of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.). Scientia Hort. 58:161-165 pp.

Barrantes Del Aguila F., 1986. Enfermedades de la tuna en Ayacucho. Resúmenes Primer Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla. Ayacucho, Perú.

Barrantes Del Aguila F., 1988. Propuesta de manejo integral de enfermedades de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Ayacucho. Resúmenes Segundo Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla, 4-8 Dicembre 1988, Ayacucho, Perú.

Barrientos, P.F., 1965. Mejoramiento de diferentes especies del género *Opuntia*. México. Memorias del Primer Congreso de Fitogenética, Sociedad Mexicana de Fitogenética. 93-99 pp.

Basile, F., 1990. Indagine economica-agraria sulla produzione del ficodindia in Italia. Facolta di Agraria dell Universita di Catania, Instituto di Economia e Politica Agraria, Catania, Itaiy.

Bautista-Castañon, R., 1982. Los agrosistemas nopaleros del Valle de México. Tesis Profesional, Univ. Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Bazzaz, A.F., 1991. The response of natural ecosystems of the rising of global CO_2 levels. Ann. Rev. Ecol. Syst. 21:167-196 pp.

Belasco, I.J., M.F. Gribbins e D.W. Kolterman, 1958. The response of rumen microorganisms and pasture grasses and prickly pear cactus following foliar application of urea. J. Anim. Science. 17:209-217pp.

Bennett, F.D., 1971. Some recent successes in the field of biological control in the West Indies. Revista Peruana de Entomología. 14: 369-373 pp.

Bennett, F.D. e D.H. Habeck., 1992. *Cactoblastis cactorum*: A successful weed control agent in the Caribbean now a pest in Florida? Paper presented at the VIII International Symposium on Biological Control of Weeds, Lincoln University, Canterbury, New Zealand. 2-7 February 1992. ln press.

Benson, L., 1982. The Cacti of the United States and Canada. Stanford University Press, Stanford, California.

Benyounes, M.F., 1984. Der Feigenkaktus als Futterpflanze in ariden und semiariden gebieten. *In*: Landwirt-schaftliche Nutzung von Kakteen und ihre Problematik. Tropeninstitut Giessen. 109-119 pp.

Berger, A., 1912. Kakteen. Verlag von Eugen Ulmer in Stuttgart.

Berger-S., H., Z. Ortuzar-R., C. Auda-M., L.A. Lizana-M. e A. Reszczynski-P., 1978. Conservación de tunas (*Opuntia ficus-indica*) en almacenaje refrigerado. Invest. Agricola. 4(1): 21-24 pp.

Berry, W.L. e P.S. Nobel, 1985. Influence of soil and mineral stresses on cacti. J. Plant Nutrition 8:679-696 pp.

Bicalho, U. de O. e M. de V. Camargo Penteado, 1982. Estudo do fruto e do articulo da *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller cultivada em Valinhos, SP. II. Características bioquímicas. Rev. Farm. Bioquim. Univ. 5. Paulo. 18: 68-74 pp.

Biuso, S., 1875. La coitura del ficodindia in Sicilia.

Biuso Varvaro, S., 1895. II ficodindia. Marsala Editore, Palermo.

Blaisten, R., 1968. Obtención de un aguardiente de la tuna del nopal. Tecnol. Aliment. 3: 26-30 pp.

Blanco, M. G., 1957. El Nopal como forraje para el Ganado de Zonas Aridas. Aprovechamiento de la Tuna. El Campo. 23(788): 34-54 pp.

Boke, N., 1944. Histogenesis of the leaf and areole on *Opuntia cylindrica* Am. J. Bot. Vol 31(6): 229-316 pp.

Boke, N., 1964. The Cactus gynoecium: a new interpretatíon. Am. J. Bot. 51(6): 598-610 pp.

Boke, N., 1979. Root, glochids and root spurs of *Opuntia arenaria* (Cactaceae). Am. J. Bot. 66(9):1085-1092 pp.

Boke, N., 1980. Develomental morphology and anatomy in Borg, J.1963. Cacti. 89 p. 4th ed. Blandford Press, London. Cactaceae. Bio Science. 30: 605-610 pp.

Borrego-Escalante, F. e N. Burgos-Vázquez, 1986. El Nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México. 201 p.

Bradbury J.F., 1970. Isolation and preliminary study of bacteria from plants. Rev. Plant Pathol. 49: 213-218 pp.

Bravo, H., 1937. Las Cactáceas de México. Univ. Nac. Aut. México. México, D.F.

Bravo, H., 1978. Las Cactáceas de México. 2a ed. Vol. 1. Univ. Nac. Aut. México. México D.F.

Bravo, H. e L. Scheinvar, 1992. El conocimento actual de los subgéneros Opuntia (=Platyopuntia), Nopalea, Consolea y Brasiliopuntia silvestres en el Continente Americano. Memorias de Resúmenes. 5º Congreso Nacional y 3º Internacional. Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Chapingo, México.

Britton, N.L. e J.N. Rose, 1920. The Cactaceae Vol. 1. Carnegie Inst. Washington.

Brutsch, M.O., 1979. The prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) as a potential fruit crop for the drier regions of Ciskei. Crop Prod. 8:131-137 pp.

Brutsch, M.O., 1984. Prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) cultivation in southern Africa. *In*: Symposium of agricultural use of the Cactaceae. Prospects and problems. International Organization for Succulent Plant Study, Frankfurth.

Brutsch, M.O. e M.B. Scott, 1991. Extending thc fruiting season of spineless prickly pear *Opuntia ficus-indica*. J. S. Afr. Soc. Hort. Sci. 1: 73-76 pp.

Brutsch, M.O., 1992. Crop manipulation in spineless prickly pear *Opuntia ficus-indica* in South Africa. 2nd International Conference on prickly pear and cochineal. 22-25 September, Santiago, Chile.

Brutsch, M.O. e H.G. Zimmermann, 1993. The prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (Cactaceae)) in South Africa: utilization of the naturalized weed, and of the cultivated plants. Econ. Bot. 47(2): 154-156 pp.

Buchanan, R.E. e Gibbons N.E., 1974. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 5th ed. Williarris & Wilkins Co., Baltimore, MD. 1: 26 p.

Bunting, S.C., H.A. Wright e L.G. Neuenschwander, 1979. Long-term effects of fire on cactus in the southern mixed prairie of Texas. J. Range Management. 33: 85-88 pp.

Bustamante-Murillo, O.F., 1985. Cosecha, secado y comercialización de la "Cochinilla" (*Dactylopius coccus* Costa) en Ayacucho. Memorias del "Primer Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla," Ayacucho, Perú.

Bustos, O., 1981. Alcoholic beverage from Chilean *Opuntia ficus-indica*. Am. J. Enol. Vitic. 32: 228-229 pp.

Buxbaum, F., 1950. Morphology of cacti. Abbey Garden Press. Calif., USA.

Buxbaum, F., 1955. Morphology of cacti. III. Fruits and seeds. Abbey Garden Press. Pasadena.

Caballero-Mellado, J., 1990. Potential use of the bacteria Azospirillum in association with prickly pear cactus. Proceedings of First Annual Texas Prickly Pear Council. 14-21 pp.

Cacciola S.O. e G. Magnano Di San Lio, 1988. Foot Rot of prickly pear cactus caused by *Phytophthora nicotianue*. Plant Disease. 72: 793-796 pp.

Camara-Cabrales, L., A. Higareda Ruiz, M. Coronado-Herrera, M. Rosales-Domínguez, M.G. Marino e M. Darbouze-Trejo, 1990. Conservación postcosecha del nopal (*Opuntia ficus-indica*) como verdura. Mernorias III Reunión Nacional y la I Reunión Internacional, El Nopal: su conocimiento y aprovechamiento, Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México. 309-318 pp.

Camarillo, B. e J.E. Grajeda, 1979. Comparative study on five selections of prickly pear for human consumption. Proc. Trop. Region Amer. Soc. Hort. Sci. 23: 236-238 pp.

Cantwell, M., 1986. Postharvest aspects of prickly pear fruits and vegetable cladodes. Perishables Handling (Univ. Calif., Davis). 59: 6-9 pp.

Cantwell, M., 1991. Quality and postharvest physiology of "nopalitos" and "tunas". Proc. Second Annual Texas Prickly Pear Conference, Texas Prickly Pear Council, Mc AlIen, Texas. 50-66 pp.

Cantwell de Trejo, M., S. Montiel-Rodríguez, A. Vega-Flores e S. Ayala-Lízarraga, 1985. Cambios físico-químicos durante la maduración y almaceniamiento de tunas de las selecciones de *Opuntia amyclaea.* I Congreso Nacional de Horticultura, Hermosillo, Sonora.

Cantwell de Trejo, M., 1992. Aspectos de calidad y manejo postcosecha de nopalitos. *In*: S. Salazar e D. López (eds). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. 5º Congreso Nacional y 3º Internacional. Memoria de Resúmenes. UACH. Chapingo, México. 110 p.

Caplan, K., 1990. Marketing strategies for cactus pear and cactus leaves for the 1990s. *ln*: P. Felker (ed.). Proceedings First Annual Texas Prickly Pear Council. Texas A&I University, Kingsville, Texas, USA.

Castillo-Castillo, M. e E. Pimienta-Barrios, 1990. Comercialización, El Nopal: su conocimiento y aprovechamiento. Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México. 336-343 pp.

Castra, J., S. Pérez e E. Riquelme, 1977. Evaluation of thornless prickly pear silages as a feedstuff for ruminants. Proc. Western Section, American Soc. Animal Sci. Vol 28.

Cei, G., 1991. Viaggio e relazione delle Indie (1539-1553). *In*: ColIo P. and P.L. Crovetto (eds). Nuovo Mondo, Gli Italiani. Einaudi Editore, Torino.

Chávez-Franco, S. e C. Saucedo-Veloz, 1985. Conservación en refrigeración de dos variedades de tunas. Horticultura Mexicana. 1(1): 6-13 pp.

Cheftel, J.C., H. Cheftel e P. Besacon, 1983. Introducción a la bioquímica y tecnologia de los alimentos. la ed. Vol. 11. Ed. Acribia, Zaragoza, España.

Chessa, I. e G. Barbera, 1984. Indagine sulla frigoconservazione dei frutti della cv. "Gialla" di Ficodindia. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura. 46(8): 57-61 pp.

Chessa, I. e M. Schirra, 1992. Prickly pear cv. "GialIa": intermittent and constant refrigeration trials. Acta Hort. 296:129-137 pp.

Chessa, E., 1993. Conservazione post-raccolta. *In*: G. Barbera and P. Inglese (eds). La coltura del ficodindia. 147-154 pp.

Clayton, P.W., J.F. Hubstenberger e G.C. Phillips, 1990. Micropropagation of members of the Cactaceae Subtribe Cactinae. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 337-343 pp.

Colorantes Naturales Sociedad Anónima, 1992. Métodos de infestación de Cochinilla en Bolivia. Study for the EBA-CAF. Sucre.

Conde, L.F., 1975. Anatornical comparisons of five species of *Opuntia* (Cactaceae). Ann. Missouri Bot. Garden. 62: 425-473 pp.

Coppoler, S., 1827. Saggio sul ficodindia, sua coltivazione e modo di ottenere y frutti tardivi. Giornale di Scienze Lettere ed Arti per la Sicilia. 58: 3-50 pp.

Corona, N.V. e L.L. Yáñez, 1984. Propagation de *Cephalocereus senilis* mediante cultivos de tejidos. Cat. Suc. Mex. 29: 3-7 pp.

Corrales G.J., 1992. Descripción y análisis de cosecha y manejo en fresco de nopalito tuna. *In*: S. Salazar and D. López (eds). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. 5to Congreso Nacional y 3er Internacional. Memoria de Resúmenes. UACH. Chapingo, México. 109 p.

Cortés, L. e L. Fucikovsky, 1986. Pudrición blanda de las pencas del nopal (*Opuntia* sp.). Memorias XIII Congreso Nacional de Fitopatologia, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 13 p.

Crawley, M.J., 1989. The successes and failures of weed biocontrol using insects. Biocontrol News and Information. 10(3): 213-223 pp.

Crosby, A.W., 1992. The Columbian Exchange. Biological and cultural consequences of 1942 (1972). Einaudi Editore, Torino.

Cui, M., P.M. Miller e P.S Nobel, 1993. CO_2 exchange and growth of the CAM plant *Opuntia ficus-indica* under elevated CO_2 in open-top chambers. Plant Physiol. 103: 519-524 pp.

Currie, W., M.T. Varnero e F Santibáñez, 1992. Biogas en Chile. Proyección basada en materias primas y temperatura atmosférica. Simiente. 62(2): 103-108 pp.

Curtis, J.R., 1977. Prickly pear farming in Santa Clara Valley, California. Econ. Bot. 31:175-179 pp.

Damidella, P., 1957. Contributo alla conoscenza della biologia fiorale e di fruttificazione del ficodindia. Tecnica Agricola. 5: 353-371 pp.

Damidella, P., 1958. Il fico d'índia e le cultivar della Sicilia orientale. Tecnica Agricola. 10: 474-502 pp.

Davidson, J.A. e D.R. Miller, 1990. Ornamental plants. *In*: D. Rosen (ed.). Armoned Scale Insects: their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, 4 b. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 603-632 pp.

De Kock, G.C., 1980. Drought resistant fodder shrub crops in south Africa. *In*: Browse in Africa. The current state of knowledge. International Livestock Center for Africa. Addis Abada, Ethiopia. 399-408 pp.

de Lotto, G.,1974. On the status and identity of the cochineal insects (*Homoptera: Cocciodea: Dactylopiidae*). J. Ent. Soc. Sth. Afr. Vol. 37. 1:167-193 pp

Díaz, F. e S.G. Gil, 1978. Effectíveness of dosage and methods of gibberellic acid application to induce parthenocarpy and stimulate fruit growth of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.). Cienc. Inv. Agr. 5: l09-ll7pp.

Díaz del Castillo, B., 1991. Historia verdadera de la conquista de la Nueva Espafla (ca. 1568). Editore TEA, Milano.

Di Cesare, L.F. e R. Nani, 1992. Analysis of volatile constituents of prickly pear juice (*Opuntia ficus-indica* var. Fructa sanguineo). Fruit Process. 2: 6-8 pp.

Diguet, L., 1928. Les Cactacees utiles du Mexíque. Archives Histoire Naturelle, Paris.

Dodd, A.P., 1940. The biological campaing against prickly pear. Commonwealth Prickly Pear Board, Brisbane, Australia. 177 p.

Domingues, O., 1963. Origem e introdução da palma forrageira no nordeste. Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais. Recife. Pernambuco. 73 p.

Donkin, R.A., 1977. Spanish Red. An ethnogeographical study of cochineal and the *Opuntia* cactus. Transactions of the American Philosophical Society. Vol. 67, part 5.

Doria, G., 1992. Piante en animali protagonisti dell'integrazione atlantica. *In*: L. Capocaccia Orsini and G. Doria (eds). Animali e Piante dall'America all'Europa. SAGEP, Genova.

Dye D.W., J.F. Bradbury, M. Goto, A.C. Hayward, R.A. Lelliott e M.N. Schroth, 1908. International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains. Rev. PIant Pathol. 59:153-168 pp.

Eames, A.J., 1961. Morphology of the Angiosperms. Mc Graw Hill Book Co. Inc.

Ellenberg, H., 1982. Opuntien-probleme und Wege zu deren Losüng. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). 73.2109.4:1-62 pp.

Escobar, A., VilIaIobos, V.M. e M. Villegas, 1986. *Opuntia* micropropagation by axillary proliferation. Plant Cell e Organ Culture. 7: 269-277 pp.

Espinosa, J., R. Borrocal, M. Jara, C. Zorrilla, C. Zanabria e J. Medina, 1973. Quelques proprietes et essais preliminaires de conservation des fruits et du jus de figue de barbarie (*Opuntia ficus-indica*). Fruits. 28: 285-289 pp.

Esquivel-Gómez, D., 1992. Una alternativa para mejorar la comercialización de tuna. V Congreso Nacional y III Congreso Internacional, Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Chapingo, México. 99 p.

Estrada L. A. A. 1988. Producción de brotes e injertación *in vitro* de seis especies de nopal (*Opuntia spp*.) originarias del altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Estrella-Bolio, J.I., 1977. Efectos de recubrimientos de cera en Tuna Blanca Tesis Profesional, Esc. Nacional Ciencias Biológicas, México, D.F. 42 p.

Everitt, J.H. e C.L. González, 1981. Seasonal nutrient content in food plants or white-tailed deer on the South Texas Plains. J. Range Manage. 34: 506-510 pp.

Ewaidah, E.H. e B.H. Hassan, 1992. Prickly pear sheets: a new fruit product. Int. J. Food Sci. and Technol. 27: 353-358 pp.

FAO, 1981. Cultivos energéticos y cultivos alimentarios. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. 46: 66 p.

FAO, 1986. Reciclaje de materias orgánicas y biogas. Una experiencia en China. Curso de capacitación China.Sept.-Oct., 1984.

Fawcett H.S. e H.A. Lee, 1926. Citrus disease and their control. Mc Graw. Hill Book Co., New York and London. 582 p.

Feitosa-Teles, F.F., J.W. Stull, W.H. Brown e F.M. Whiting, 1984. Amino and acids of the prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica*). J. Sci. Fd. Agric. 35: 421-425 pp.

Felker, P. e C. Russell, 1988. Effects of herbicides and cultivation on the growth of *Opuntia* in plantations. J. Hort. Sci. 63:149-155 pp.

Felker, P., 1990 (ed.). Proceedings First Annual Texas Prickly Pear Council. Texas Prickly Pear Co. Publishers, Kingsville, Texas. 95 p.

Felker, P., 1991 (ed.). Proceedings Second Annual Texas Prickly Pear Council. Texas Prickly Pear Co. Publishers, Kingsville, Texas. 123 p.

Felker, P., 1992 (ed.). Proceedings Third Annual Texas Prickly Pear Council. Texas Prickly Pear Co. Publishers, Kingsville, Texas. 65 p.

Fernández, L.I., I. Del Rio, J. Loro e L. Domínguez, 1989. Cardiovascular studies of Betalain extracts of fruits of *Opuntia dillenii*. Revista Farmacologica Clinical y Experimental. 6(3): 246 p.

Fernández, M.L., A. Trejo e D. McNamara, 1990. Pectim isolated from prickly pear (*Opuntia* sp.) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. J. Nutr. 120: 1283-1290 pp.

Fernández-Montes, M.R., 1992. Características del mercadeo del nopalito en el Distrito Federal durante 1985-1990. V Congreso Nacional y III Congreso Internacional, Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Chapingo, México. 101-102 pp.

Ferreira dos Santos, M.V., 1992. Efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrajeiras. Pesq. Agropec. Bras., Brasília. 27(6): 777-783 pp.

Fiore M., 1946. The strange behaviour of a Hyphomycete of the family of the Dematiaceae. Nuovo 6. Bot. Ital. 448-450 pp.

Flath, R.A. e J.M. Takahashi, 1978. Volatile constituents of prickly pear (*Opunha ficus-indica* Mill., de Castilla variety).

Flores, A., 1992. Producción de vino y aguardiente de tuna, alternativa en el aprovechamiento del nopal. Ciencia y Desarrollo. 17: 56-68 pp.

Flores-Valdez, C.A. e J.R. Aguirre-Rivera, 1979. El Nopal como forraje. Universidad Autónoma Chapingo Press. 77 p.

Flores-Valdez, C.A., 1992a. Growing, commercializing, and marketing cactus leaves in México. Proc. 3rd Anual Texas Prickly Pear Conference, Texas. 56~5 pp.

Flores-Valdez, C.A., 1992b. Historia del uso del nopal en México y el mundo. *In*: R. Samano (ed.). Historia de la Agricultura en México. UACH. Chapingo, México.

Flores-Valdez, C.A. e C.G. Gallegos-Vázquez, 1993. Situación y perspectivas de la producción de tuna en la Región Centro-Norte de México, CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, México.

Flores-Flores, J.D. e R. Canales-Cruz, 1990. Principales problemas parasitológicos del nopal *Opuntia ficus-indica* en la Sierra de Arteaga, Coah. *In*: J.J. López González and M.J. Ayala Ortega (eds). El nopal su conocimiento y aprovechamiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, México. 27-32 pp.

Flores-Flores, V., 1990. Evaluación del germoplasma de tuna a la susceptibilidad de la cochinilla del carmín *Dactylopius coccus* Costa. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias 1980-89. Vol.1, Nr.1. Ayacucho.

Flores-Flores, V.L., J Vilca Vives, J. Cabrera Cosa e J. Guimaray, 1986. Evaluación de daños causados por el "barrenador de los cladodios" (*Coleoptera Nititulidae*) en tunas de Ayacucho. Primer Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla, Ayacucho, Perú. 54-55 pp.

FIuxá, C., 1991. Extracción y composición química de mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*), Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago, Chile.

Frati-Munari, A., J.A Fernández-Hard, M. Bañales e R. Ariza-Andraca, 1983. Decreased blood glucose and insulim by nopal (*Opuntia* spp.). Arch. lnvest. Med. 14: 269-273 pp.

Freeman, T.P., 1970. The develomental anatomy of *Opuntia basilaris* II Apical meristem, leaves, areoles, glochids. Am. J. Bot. 57(6): 616-622 pp.

Freeman, D.B.F., 1992. Prickly pear menace in eastern Australia 1880-1940. Geographical Review. 82(45): 413-428 pp.

Fresen, P., Y. Del Rio, L. Fernández e J. Loro, 1989. Antibacterial activity of an aqueous extract of *Opuntia dillenii* Haw. Revista Farmacológica Clinical y Experimental. 6(3): 309 pp.

Fucikovsky, L., M, Rodríguez e L. Cartin, 1978. Soft rot bacteria from plants and insects. *In*: Proc. 4th lnt. Conf. Plant Path. Bact. Angers. 603-606 pp.

Fucikovsky, L. e J.F. Jaimes, 1982. Bacterial diseases of agave and cactus in Mexico. *In*: J.C. Lozano (ed.). Proc. 5th Int. Conference on Plant Path. Bact. Cali, Colombia. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 640 p.

Fucikovsky, L. e J. Luna, 1988. Pudrición bacteriana de la tuna y su transmisión. Memorias XV Congreso Nacional de Fitopatología, Xalapa, Veracruz. 68 p.

Fucikovsky, L. e J. Luna, 1990. Pájaros, bacterias e insectos asociados con la pudrición de la tuna. la Reunión Internacional. El nopal su conocimiento y aprovecharniento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, México.

Fucikovsky, L., 1990a. Associación de insectos con la pudrición blanda de cladodios. Resumenes IV Reunión Nacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Zacatecas, México. 38 p.

Fucikovsky, L., 1992. Reblandecimiento de espinas y aguates de nopal con suspensión bacteriana. V Congreso Nacional y III Congreso Internacional, Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Chapingo, México. 91 p.

Fuentes-Rodríguez, F., 1991. A survey of the feeding practices, costs and production of dairy and beef cattle *In:* Northern Mexico. in: Proceedings of Second Annual Texas Prickly Pear Council. 118-123 pp.

Fullaway, D.T., 1954. Biological control of cactus in Hawaii. Joumal of Economic Entomology. 47: 696-700 pp.

FBE (Fundación Bolivia Exporta), 1991. Markets for Cochineal. La Paz, Bolivia.

FBE, 1992a. Investigación de la producción de cochinilla bajo ambientes controlados y otros aspectos del cultivo tuna - cochinilla. Informe del Proyecto de Investigación Tuna y Cochinilla (PITC). Cochabamba, Bolivia.

FBE, 1992b. Costo de producción y análisis económico del cultivo de tuna y cochinilla, en seis modelos productivos con tecnologia definida para el pequeño productor campesino y la empresa privada. Apéndice "G" del Proyecto de Investigación Tuna y Cochinilla, Cochabamba, Bolivia.

García, A., 1972. Cultive el nopal de verdura. Brochure. C.P., Chapingo, México. 10 p.

García de Cortázar, V. e P.S. Nobel, 1990. Worldwide environmental productivity indices and yield predictions for a CAM plant, *Opuntia ficus-indica*, including effects of doubled CO_2 levels. Agricultural and Forest Meteorology. 49: 261-279 pp.

García de Cortázar, V. e P.S. Nobel, 1991. Prediction and measurement of high annual productivity for *Opuntia ficus-indica*. Agric. Forest Meteor. 56: 261-272 pp.

García de Cortázar, V. e P.S. Nobel, 1992. Biomass and fruit production for the prickly pear cactus *Opuntia ficus-indica*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 558-562 pp.

Gathaara, G.N., P. Felker e M. Land, 1989. Influence of nitrogen and phosphorus on *Opuntia engelmanni* tissue N and P concentrations, biomass production and fruit yields. J. Arid Environ. 16: 337-346 pp.

Gersani, M., E.A. Graham e P.S. Nobel, 1993. Growth responses of individual roots of *Opuntia ficus-indica* to salinity. Plant Cell Environ. In press.

Gibson, A., 1976. Vascular organization in shoots of Cactaceae. I. Development and morphology of primary vascular in Pereskoideae and Opuntioidae. Am. J. Bot. 43(4): 414-426 pp.

Gibson, A. e P. Nobel, 1986. The cactus primer. Harvard University Press, Cambridge.

Gil, G., M. Morales e A. Momberg, 1977. Fruit set and development in the prickly pear (*Opuntia ficus-indica,* Mill) in relation to pollination and gibberellic acid chlorethylphosphonic acids. Cienc. mv. Agr. 4:163-169 pp.

Gil, G. e A.R. Espinosa, 1980. Fruit develoment in the prickly pear (*Opuntia ficus-indica,* Mill) with preanthesis application of gibberellin and auxin. Cienc. Inv. Agr. 7: 141-147 pp.

Goeden, R.D., C.A. Fleschner e D.W. Ricker, 1967. Biological control of prickly pear cacti on Santa Cruz lsland, California. Hilgardia. 38: 579-606 pp.

Goeden, R.D., 1978. Biological control of weeds. *In*: C.P. Clausen (ed.). Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds. Agriculture Handbook, USDA. 480: 357-545 pp.

Goidanich, G., 1964. Manuale di Patologia Vegetale. Edizioni Agricole Bologna. Vol 11.880 p

Goldstein, G., J.L. Andrade e P.S. Nobel, 1991. Differences in water relations parameters for the chlorenchyma and the parenchyma of *Opuntia ficus-indica* under wet versus dry conditions. Aust. J. Plant Physiol. 18: 95-107 pp.

González, C.L., 1989. Potential of fertilization to improve nutritive value of prickly pear cactus (*Opuntia lindheimeri* Engelm) J. Arid Environ. 16: 87-94.

Graham, V., 1987. Growing succulent plants, including Cacti. Timber Press. Portland, Oregon, USA.

Grajeda G., V.E., 1978. Producción intensiva de nopal para verdura en invierno. Genetics Branch. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Granata. G. e L. Varvaro, 1990. Bacterial spots and necrosis caused by yeasts on prickly pear cactus in Sicily. Proc. 8th Congress. Medit. Phytopathol. Agadir, Marocco. 467-468 pp.

Grant, T.V. e P.D. Haud, 1979. Pollination of the South western *opuntias*. PI. Syst. Evol. 133:15-28 pp.

Grant, V. K. e K. A. Grant, 1979. Hybridization and variation in *O. phaeacanta* group in Central Texas. Bot. Gaz. 140(2): 208-215 pp.

Greathead, D.J., 1971. A review of biological control in the Ethiopian region. Technical Communication. Commonwealth Institute of Biological Control. 5:1-162 pp.

Gregory, R.A. e P. Felker, 1992. Crude protein and phosphorus contents of eight contrasting *Opuntia* forage clones. J. Arid Environ. 22: 323-331 pp.

Griffiths, D., 1905. The prickly pear and other cacti as food for stock. USDA Bulletin 74.48 p.

Griffiths, D., 1906. Feeding prickly pear to stock in Texas. USDA Bulletin 91.23 p.

Griffiths, D. e R.F. Hare, 1906. Prickly pear and other cacti as food for stock. II. New Mexico College of Agriculture and Mechanic Arts. Agrícuiture Experiment Station Bulletin 60.125 p.

Griffiths, D. e R.F. Hare, 1907. The tuna as food for man. USDA Bureau Plant Industry Bulletin 116, Washington, D.C. 73 p**.**

Griffiths, D.,l908. The prickly pear as a farm crop. USDA Bulletin, 1908. USDA Bulletin 124.32 p.

Griffiths; D., 1915. Hardier spineless cactus. J. Hered. 6:182-191 pp**.**

Gulías, A. e G. Robles, 1989. El nopal en su justa medida. Cuadernos de Nutrición. 12: 42-43 pp.

Gutiérrez, L.H., 1992. Plagas y enfermedades del nopal en Mexico. Reporte de investigación. Universidad Autónoma Chapingo, México. 53 p.

Guzmán-Romero, G., 1982. Causas y Control de los daños que exhibe la Tuna Blanca (*Opuntia* sp.) en el almacenamiento. Tesis de Maestría, Escuela Nacional de Fruticultura, Comision Nacional de Fruticultura, México, D.F. 143 p.

Hamilton, M.W., 1970. Seedling development of *Opuntia bradtiana* (Cactaceae). Am. J. Bot. 57(5): 599-603 pp.

Hanselka, C.W. e J.C. Paschal (eds), 1989. Developing Prickly Pear as a forage, fruit and vegetable resource. Proc. of Conference Texas A&I Univ. 63 p

Haseler, W.G., 1966. The status of insects introduced for the biological control of weeds in Queensland. Journal of the Entomological Society of Queenslamd. 5: 1-4 pp.

Hatzmann, S., G. Ebert e P. Lüders, 1991. Influence of NaCl salinity on growth, ion uptake, and gas exchange of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. Angewandte Bot. 65:161-168 pp.

Havel, L. e Z. Kolar, 1983. Microexplant isolation from Cactaceae. Plant Cell Tissue Organ Culture. 2: 349-353 pp.

Hegwood, D.A., 1990. Human health discoveries with *Opuntia* sp. (prickly pear). Hort. Sci. 25(12): 1515-1516 pp.

Henderson, L. e K.J Musil, 1984. Exotic woody plant invaders of the Transvaal. Bothalia. 15: 297-313 pp.

Henderson, L., 1989. Invasive woody plants of Natal and the northeastern Orange Free State. Bothalia. 19: 237-261 pp.

Herring, J.L., 1980. A review of the cactus bugs of the genus *Chelinidea* with the description of a new species (*Hemiptera: Coreidae*). Proc. Entomol. Soc. Wash. 82(2): 237-251 pp.

Hoffmann, W., 1979. Kakteen als Nutzpflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Gattung *Opuntia* Mill. Thesis, Universität Giessen, Giessen.

Hoffmann, W., 1983. Soziokulturelle undwirtschaftssoziologische Implikationenmodernisierender Innovationen in der wirtschaftslichen Nutzung von Kakteen, dargestellt am Beispiel des Opuntien-Anbaus imzentralmexikanischen Hochland. Phd Diss., Universität Giessen, Giessen.

Hokkanen, H.M.T. e D.C. Pimental, 1984. New approach for selecting biocontrol agents. Canadian Entomologist. 116:1109-1121 pp.

Hosking, J.R., R.E. McFadyen e N.D.Murray, 1988. Distribution and hiological control of cactus species in eastern Australia. Plant Protection Quarterly. 3(3): 115-123 pp.

Howell, J., 1989. Some thoughts on using prickly pear as an emergency livestock feed. *In*: C.W. Hanselka and J.A. Paschal (eds). Developing prickly pear as a forage, fruit, and vegetabie resource. Texas Agricuitural Experiment Station Publication. 15-19 pp.

Hoy, J.M., 1963. A Catalogue of the Eriococcidae (Homoptera: Coccoidea) of the World. N.Z. Depart. Scient. and Industr. Res. Buil. 150.

Huien, H,, 1993. Water use efficiency of *Opuntia ellisiania* under field conditions in south Texas. Texas A&I University Masters Thesis. 83 p.

Hull, H.M. e C.H. Bleckmann, 1977. An unusual epicuticular wax ultrastructure on leaves of *Prosopis tamarugo* (leguminosae). Amer. J. Bot. 64(9)1083-1091 pp.

Ibáñez-Camacho, R., M. Meckes-Lozoya e V. Mellado-Campos, 1983. The hypoglucemic effect of *Opuntia strepcantha* studied in different animal experimental models. J. Ethnop harmacol. 7: 175-181 pp.

IICA, 1981. Biogas: una bibliografía mundial. Serie de Documentación e Información Agricola 108. IICA/OLADE, Quito, Ecuador. 207 p.

Infante, R., 1992. *In vitro* axillary shoot proliferation and somatic embryogenesis of yellow pitaya *Mediocactus coccineus* (Salm-Dyck). Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 31:155-159 pp.

Inglese, P., G. Barbera e F. Carimi, 1994. The effect of different amounts of cladode removal on reflowering of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). J. Hort. Sci. 69: 61-65 pp.

Inglese, P., G. Barbera, T. La Mantia e S. Portolano, 1994a. The effect of thinning on growth and ultimate size of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) fruits. Hort. Sci. In press.

Inglese, P., G. Barbera e T. La Mantia, 1994b. Research stategies and improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quaiity and production. J. And Environ. In press.

Inglese, P., A.A. Israel e P.S. Nobel, 1994c. Growth and CO_2 uptake for cladodes and fruits of the CAM species *Opuntia ficus-indica* during fruit development. Phys. Plant. 91: 708-714 pp.

Johnston, T.H. e L. Mitchock, 1923 A bacteriosis of prickly pear plants (*Opuntia* sp.). Trans. Proc. R. Soc. Aust. 47:162-164 pp.

Julien, M.H., 1992. Biological control of weeds. A world catalogue of agents and their target weeds. CAB International. 186 p.

Kader, A.A., 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Univ. California Special Publication 3311, Oakland CA. 296 p.

Karny, M., 1972. Comparative studies on three *Dactylopius* species (*Homoptera*: *Dactytopiidae*) attacking introduced *opuntias* in South Africa. Entomology Mem. Dep. Agric. Tech. Serv. Repub. S. Afr. 26: 1-19 pp.

Kay, W.H. e A.J. Kay, 1990. The economic feasibility of cultivating prickly pear as a crop for feeding cattle in south Texas. *In*: Proceedings of First Annual Texas Prickly Pear Council. 29-32 pp.

Keeley, J.E. e S.C. Keeley, 1989. Crassulacean acid metabolism (CAM) in high elevation tropical cactus. Plant Cell Environ. 12: 331-336 pp.

Keeling, C.D. e T.P. Whorf, 1990. Atmospheric CO_2 concentrations, Mauna Loa *In*: T.A. Boden, P. 8-9 pp

Kelman, A. e R.S. Dickey, 1980. Erwinia 2. Soft rot or carotovara group. *In*: N.W. Schaad (ed.). Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria. American Phytopatliological Society, St. Paul, Minnesota. 31-35 pp

King, E.O., M.K. Ward e D.E. Raney, 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. J. Lab. Cl. Mcd. 44: 301-307 pp.

King, R.M., 1957. Studies in the tissue culture of cacti. Cactus and Succulent J. 29: 102-104 pp.

Kreger, N.W.R. van Rij, 1984. The Yeats. A taxonomie Study. 3rd ed. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 45-104 pp.

Krieg, N.E. (ed.), 1984. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol. 1. Williams & Wilkins, Baltimore. 964 p.

Kuti, J.O., 1992. Growth and compositional changes during the developmcnt of prickly pear fruit. J. Hort. Sci. 67: 861-868 pp.

Lagrange, B., 1979. Biométhane. II. Principes, téchniques, utilisations. EDISUD, Aix-en-Provence, France. 249 p.

Lakshminarayana, S. e J.B. Estrella, 1978. Postharvest respiratory behavior of tuna (prickly pear) fruit (*Opuntia robusta* Mill.). J. Hort. Sci. 53: 327-330 pp.

Lakshminarayana, S., Alvarado, L. Sosa e F. Barrientos Pérez, 1979. The development and postharvest physiology of the fruit of cactus pear (*Opuntia amyclaea* T.). *In*: G.E. Inglett and G. Charalambous (eds). Tropical Foods: Chemistry and Nutrition. Vol. 1. Academic Press, New York.

Lara-López, A. e J. Manríquez-Yépez, 1985. A hand tool for selective harvesting of the prickly pear fruit. Proc. Amer. Agric. Eng. Paper Nº 85-1067.12 p.

Lara-López, A. e Z. Torres-Ledesma, 1986. A principle for nonselective prickly pear harvesting. Proc. Amer. Agric. Eng. Paper Nº. 86-1553.7 p.

Lara-López, A., 1992. Mechanical principies for harvesting prickly pear (*Opuntia amyclaea* Tenore). *In*: G.B. Inglett and G. Charalambous (eds). Tropical Foods. Vol. 1. Chemistry and Nutrition. Academie Press, New York. 26-28 pp.

Lehman, V.W., 1969. Forgotten legions. Sheep in the Rio Grande Plain of Texas. The University of Texas at El Paso Press. 226 p.

Lelliott, R.A. e D.E. Stead, 1987. Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants. Blackwell Scientífic Publications, Oxford. 216 p.

Leuenberger, B., 1991. Interpretation and typification of *Cactus ficus-indica* L. and *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (Cactaceae). Taxon. 40: 621-627 pp.

Levitt, J., 1980. Response of plants to enviromental stress. Vol. II. Water, radiation, salt and other stresses. 2nd ed. Academic Press. New York.

Longo, S., 1991.I principali fitofagi del fico d'india. Quaderni Ente Sviluppo Agricolo Regione Siciliana. 8: 4-9 pp.

Lodder J. (ed.), 1974. The yeasts. A taxonomic study. North-Holland PubI. Co., Amsterdam. 385 p.

Loik, M.E. e P.S. Nobel, 1991. Water relations and mucopolysaccharide increases for a winter hardy cactus during acclimation to subzero temperatures. Ecology. 88: 340-346 pp.

Loik, M.E. e P.S. Nobel, 1993. Freezing tolerance and water relations of *Opuntia fragilis* from Canada and the United States. Ecology. ln press.

Lo Magno, R.C., F. Montacchini e G. Vignetta, 1977. Preliminary studies on in vitro cultures of crown gall. Allionia. 22: 193-200 pp.

López de Gomara, F., 1965. Historia general de las Indias con la conquista de México y de la Nueva España (1551-1552). Ed. P. Guibelalde and E.M. Aguilera, 2v., Barcelona.

Louw, W., 1988. Prickly pear: Don't abuse it, use it. NMB Commercial Printers, Port Elizabeth, South Africa. 99 p.

Luo, Y. e P.S. Nobel, 1993. Growth characteristics of newly initiated cladodes of *Opuntia ficus-indica* as affected by shading, drought and elevated CO_2. Physiol. Plant. 87: 467-474 pp.

Mcdonald, I.A.W., F.J. Kruger e A.A. Ferrar (eds). The ecology and management of biological invasions in southern Africa. Oxford University Press, Cape Town, South Africa.

Magnano di San Lio, G. e A. Tirro, 1983. Una moria del ficodindia causata da *Amillarea Mellea*. Inf. Fitopatot. 1: 47-50 pp.

Maheshwari, P. e R.N. Chopra, 1955. The structure and development of the ovule and seed of *Opuntia dileni* Haw. Phytomorphology. 5:112-122 pp.

Malan, D.E. e H.G. Zimmermann, 1988. Chemical control of *Opuntia imbricata* (Han.) DC and *Opuntia rosea* DC. Applied Plant Science. 2(1)13-16 pp.

Maldonado-Garriazo, B. 1985. Avances de la evaluación de 29 accesiones del germoplasma de tuna por la capacidad hospedera de la cochinilla. Proceedings of the "Primer Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla", 9-14 December, Ayacucho, Perú.

Maltsberger, W.A., 1989. Prickly Pear cactus - an unsing blessing of the Rio Grande Plains. *In*: C.W. Hanselka and J.C. Paschal (eds). Developing prickly pear as a forage, fruit, and vegetable resource. Texas Agricultural Experiment Station Publication. 19-31 pp.

Maltzberger, W.A., 1991. Feeding and supplementing prickly pear cactus to beef cattle. *In*: Proceedings of Second Annual Texas Prickly Pear Council. 104-117 pp.

Mann, J., 1969. Cactus-feeding insects and mites. Bull. US Natn. Mus. 256:1-158 pp.

Marin, L.R. e V.F. Cisneros, 1977. Biología y morfología de la cochinilla del carmín, *Dactylopius coccus* Costa (Homopt.; Dactylopiidae). Revista Peruana de Entomologia. 20 (1):115-120 pp.

Marin, R. e E. Cisneros, 1983. Factores que deben considerarse en la producción de la "cochinilla del carmín" *Dactylopius coccus* Costa en ambientes mejorados. Rev. Per. Ent. Vol. 26. 1: 81-83 pp.

Martínez-Olea, O.R., 1986. Características de calidad de tunas de diferentes selecciones de opuntia cultivadas en el estado de Sonora. Tesis Profesional, Univ. de Sonora, Hermosillo, México. 54 p.

Mascarua-Esparza, M.A., R. Villa-González e J. Caballero-Mellado, 1988. Acetylene reduction and indoleacetic acid production by Azospirillum isolates from Cactaceous plants. Plant and Soil. 106: 91-95 pp.

Mattioli, P.A., 1557. Discorsi nei sei libri di Pedacio Dioscoride Anazarbeo dela materia medicinale. Venetia, apud V. Valgrisi, I.

Matznetter, J., 1958. Die Kanarischen Inseln, Wirtschaftsgeschichte und Agrargeographie. VEB Hermann Haack, Gotha.

Mauseth, J.D. e W. Halperin, 1975. Hormonal control of organogenesis in *Opuntia polyacanta* (Cactaceae). Amer. J. Bot. 62: 869-877 pp.

Mauseth, J.D., 1976. Cytokinin and gibberellic acid-induce effects on the structure and metabolism of shoot apical meristem in *Opuntia polyacanta* (Cactaceae). Amer. J. Bot. 63: 1295-1301 pp.

Mauseth, J.D., 1977. Cactus tissue culture: a potential method of propagation. Cactus Succ J. 49: 80-81 pp.

Mauseth, J.D., 1983. Introduction to Cactus anatomy (Part 6) and spines. Cactus and Succulent Journal (US). 55: 272-276 pp.

Mauseth, J.D., 1984. Introduction to Cactus anatomy (Part 7). Epidermis. Cactus and succulent Journal (US). 56: 33-37 pp.

Mazzola, P., S. Romano e S. Fici, 1988. Contributo alla conoscenza del genero *Opuntia* Miller. 1. Dati cariologici e distributivi delle specie spontaneizzate e coltivate in Sicilia. Naturalista Sicil. IV, XII (3-4): 159-168 pp.

Mc Carthy, P., 1964. Anaerobic waste treatment fundamentals. IV Process Desing. Public Works December 1964.95-99 pp.

Mejía Vidaurre, S.L., 1993. Evaluación de un sistema de la crianza de la cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa) bajo tinglado en la zona de Montenegro, provincia de Quillacollo. Agronomic thesis of the Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

Merin, U., S. Gagel, G. Popel, S. Bernstein e I. Rosenthal, 1987. Thermal degradation kinetics of the prickly pear fruit red pigment. J. Food Sci. 52: 485-486 pp.

Merrill, L.B., C.A. Taylor, R. Dusek e C.W. Livingston, 1980. Sheep losses from the range with heavy prickly pear infestation. *In*: D.N. Ueckert and J.E. Huston (eds). Rangeland Resources Research. Texas Agr. Sta. Consol. Prog. Rep. 3665.91 p.

Metcalf, C.R. e L. Chalk, 1979. Anatomy of the Dicotyledons. 2nd ed. Vol. 1. Clarendon Press. Oxford.

Metral, J.J., 1965. Les cactees fourraggeres dans le Nord-Est du Bresil plus particulierement dans L'etat du Ceara. L'Agron. Tropicale. 20: 248-261 pp.

Meyer,N.B. e J.L. McLaughlin, 1981. Economic uses of *Opuntia*. Cactus and Succulent Journal (US). 53: 107-ll2pp.

Meyer, M.M. e R.D. Brown, 1985. Seasonal trends in the chemical composition of ten range plants in south Texas. J. Range Manage. 38:154-157 pp.

Migaki, G., L.E. Hinson, G.D. Imes e F.M. Garner, 1969. Cactus spines in tongues of slaughtered cattle. J. Amer. Vet. Mcd. Assoc. 155:1489-1492 pp.

Minocha, J.C. e P.N. Menhra, 1974. Nutritional and morphogenetic investigation on callus cultures of *Neomammillaria prolifera* Miller (Cactaceae). Amer. J. Bot. 61:168-173 pp.

Mondragón-Jacobo, C., 1991. Selección de pencas de nopal tunero para plantación. *In*: Diario de Querétaro. Sección Agropecuaria. 8 de Noviembre de 1991. Querétaro, Qro. México.

Mondragón-Jacobo, C., 1992. Efecto del tamaño de cladodio y fraccionen la propagación de nopal forrajero y de verdura. Informe Técnico. CE-Norte de Gto. INIFAP. SARH. México.

Mondragón-Jacobo, C., 1992a. Catálogo de variedades comerciales y semicomerciales de tuna. Informe Técnico. Campo Experimental Norte de Guanajuato. CIR-Centro INIFAP. SARH. México.

Mondragón-Jacobo, C., 1993. Prueba de germinación de semillas de nopal tunero de variedades comerciales y semicomerciales. Informe Técnico. Campo Experimental Norte de Gto. INIFAP. SARH. México.

Monjauze, A. e H.N. Le Houérou, 1965. Le Róle des *Opuntia* dans L'èconomie agricole Nord Africaine. Extrait du Bulletin de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Tunis. 8-9: 85-164 pp.

Montefiori, D., 1990. Ricerche sull'estrazione, la stabilitá e l'impiego dei pigmenti del fico d'india sanguigno. Tesi di laurea. Universita degli Studi di Milano, Italy.

Montiel-Rodríguez, S.M., 1986. Producción y calidad de frutas maduras de 9 selecciones de Tuna Blanca (*Opuntia amyclaea*) en la Costa de Hermosillo. Professional thesis, Univ. de Sonora, Hermosillo, México. 48 p.

Moran, V.C., H.G. Zimmermann e D.P. Annecke, 1976. The identity and distribution of *Opuntia aurantiaca* Lindley. Taxon. 25: 281-287 pp.

Moran, V.C., 1980. Interactions between phytophagous insects and their *Opuntia* hosts. Ecological Entomology. 5:153-164 pp.

Moran, V.C. e H.G. Zimmermann, 1984. The biological control of cactus weeds: achievements and prospects. Biocontrol News and Information. 5: 297-320 pp.

Moran, V.C., S. Neser e J.H. Hoffmann, 1986. The potential of the insect herbivores for the biological control of invasive plants in South Africa *In*: I.A.W. Macdonald, F.J. Kruger and A.A. Ferrar (eds). The ecology and management of biological invasions in southern Africa. Oxford University Press, Cape Town. 261-268 pp.

Moran, V.C. e H.G. Zimmermann, 1991a. Biological control of jointed cactus, *Opuntia aurantiaca* (Cactaceae), in South Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment. 37: 5-27 pp.

Moran, V.C. e H.G. Zimmermann, 1991b. Biological control of cactus weeds of minor importance in South Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment. 37: 37-55 pp.

Moreno-Rivera, M.A., L.S. Alvarado e S. Laskshminaryana, 1979. Preharvest respiratory trend of the fruit of prickly pear (*Opuntia amyclaea*). Proc. Flor. St. Hort. Soc. 92: 235-237 pp.

Mulas, M. e G. D'hallewin, 1990. Improvement pruning effects on vegetative and yielding behaviour in prickly pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) "Gialla" cultivar. Acta Hort. In press.

Murashige, T. e F. Skoog, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497 pp.

Muratalla, LA., P.F. Barrientos e A.J. Rodríguez, 1990. Gerrninación y viabilidad de semilla de nopal *Opuntia amyclaea* t. ("V-5") y *O. ficus-inclica* ("V-1") y ("F-1"). *In*: Memorias de la IV Reunión Nacional y II Congreso Internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Zacatecas, Zac. México.

Nakahara, S., 1988. Generic reassignments of North American species currently assigned to the genus *Sericothrips Haliday* (Thysanoptera: Thripidae). Proc. entomol. Soc. Wash. 90(4): 480-483 pp.

National Academy of Sciences, 1979. Microbial processes: Promising technologies for developing countries. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 198 p.

National Academy of Sciences, 1981. Food, fuel, and organic fertilizer from organic wastes. National Academy Press, Washington, D.C. 154 p.

Nava, C.R., J.J. López G. e J. Gasto, 1981. Denámica poblacional del ecosistema natural de *Opuntia streptacantha* Lemaire. Monografia Técnico-Científica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 7(5): 219-271 pp.

Nerd, A., A. Karadi e Y. Mizrahi, 1989. Irrigation fertilization and polyethylene covers in prickly pear influence bud development. Hort. Sci. 24: 773-775 pp.

Nerd, A., A. Karadi e Y. Mizrahi, 1991. Out-of-season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short droughts on productivity. Hort. Sci. 26: 527-529 pp.

Nerd, A., A. Karadi e Y. Mizrahi, 1991a. Salt tolerance of prickly pear cacti (*Opuntia ficus-indica*). Plant Soil. 137: 201-207 pp.

Nerd, A., A. Karadi e Y. Mizrahi, 1993. Effect of N fertilizer on autumn floral flush and cladode N in prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. J. Hort. Sci. 68: 545-550 pp.

Nerd, A., A. Karadi e Y. Mizrahi, 1993a. Adaptation of five columnar cactus species to various conditions in the Negev Desert of Israel. Econ. Bot. 47. In press.

Nerd, A., A. e Y. Mizrahi, 1993. Modern cultivation of prickly pear in Israel: fertigation. Acta Hort. In press.

Neri, C., E. Pimienta-B e C. Robles-M., 1992. Cambios fisiológicos durante el proceso de senescencia en cladodios jóvenes de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). Resúmenes, V Congreso Nacional y III Congreso Internacional, Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Chapingo, México. 107 p.

Nieddu, J. e D. Spano, 1992. Flowering and fruit growth in *Opuntia ficus-indica*. Acta Hort. 296: 153-159 pp.

Nobel, P.S., 1980. Interception of photosynthetically active radiation by cacti of different morphology. Ecology. 45:160-166 pp.

Nobel, P.S., 1982. Orientations of terminal cladodes of planty opuntias. Bot. Gaz. 143: 219-224 pp.

Nobel, P.S. e T.L. Hartsock, 1983. Relationships between photosynthetically active radiation, nocturnal acid accumulation, and CO_2 uptake for a Crassulacean acid metabolism plant, *Opuntia ficus-indica*. Plant Physiol. 71: 71-75 pp.

Nobel, P.S., 1983. Spines influences on PAR interception, stem temperature and nocturnal acid accumulation. Amer. J. Bot. 70(8): 1244-1253 pp.

Nobel, P.S. e T.L. Hartsock, 1984. Physiological responses of *Opuntia ficus-indica* to growth temperature. Physiol. Plant. 60: 98-105 pp.

Nobel, P.S., 1986. Form and orientation in relation to PAR interception by cacti and agaves. In: T.J. Givnish (ed.). On the economy of plant form and function. Cambridge Univ. Press, Carnbrídge. 83-103 pp.

Nobel, P.S., C.E. Russell, P. Felker, M. Galo e E. Acuna, 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. Agron. J. 79: 550-555 pp.

Nobel, P.S., 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge Univ. Press, New York.

Nobel, P.S., 1989. A nutrient index quantifying productivity of agaves and cacti. J. Appl. Ecol. 26: 635-645 pp.

Nobel, P.S., 1989a. Productivity of desert succulents. Excelsa. 14: 21-28 pp.

Nobel, P.S. e M.E. Loik, 1990. Thermal analysis, cell viability, and CO_2 uptake of a widely distributed North American cactus, *Opuntia humifusa*, at subzero temperatures. Plant Physiol. Biochem. 28: 429-436 pp.

Nobel, P.S. 1991. Environmental productivity indices and productivity for *O. ficus-indica* under current and elevated atmospheric CO_2 levels. Plant and Cell Environment. 14: 637-646 pp.

Nobel, P.S., 1991a. Tansley Review no. 32. Achievable productivities of CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants. New Phytol. 119:183-205 pp.

Nobel, P.S., 1991b. Physicochemical and environmental plant physiology. Academic Press, San Diego.

Nobel, P.S., e V. García de Cortázar, 1991. Growth and predicted productivity of *Opuntia ficus-indica* for current and elevated carbon dioxide. Agron. J. 83: 224-230 pp.

Nobel, P.S., E. García-Moya e E. Quero, 1992. High annual productivity of certain agaves and cacti under cultivation. Plant Cell Environ. 15: 329-335 pp.

Nobel, P.S., 1994. Remarkable agaves and cacti. Oxford Univ. Press, New York.

Nuñez Cabeza de Vaca, A., 1925. Schiffsbrüche. Die Unglucksfahrt der Narvaez-Expedition nach der Sudkuste Nordamerikas in den Jahren 1528-36. Nachdruck. Verlag Strecker and Schröder, Stuttgart.

Ochoa de Cornelli, J., 1993. El cultivo y aprovechamiento del nopal en la República de Argentina. Abstract and final report of the round table for the establishment of the international technical cooperation network on cactus pear. August 18-20, 1993. Guadalajara, Jalisco, México.

Oetting, R.D., 1984. Biology of the cactus scale *Diaspi echinocacti* (Bouche). Ann. Ent. Soc. Am. 77: 88-92 pp.

Ouelhazi, N.K., R. Ghrir, K.H. Diep Le e F. Lederer, 1992. Invertase from *Opuntia ficus-indica* fruits. Phytochem. 31(1): 59-61 pp.

Oviedo y Valdés G.F., 1985. Sumario de la natural y general historia de las Indias (1526). *In*: G.B. Ramusio. Navigazione e viaggi, S. Einaudi Editore, Torino.

Oviedo y Valdés, G.F., 1985a. Primera parte de la Historia Natural y General de las Indias e Islas y Tierra Firme del Mar Océano (1535). *In*: Ramusio Navigazione e Viaggi, S. Einaudi Editore, Torino.

Palomino Malpartida, R. e W. Navarro Arias, 1985. El cultivo de la tuna y la propagación de la cochinilla. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Ayacucho, Perú.

Papdiwal, P.B. e K.B. Deshpande, 1978. New records of bacterial diseases from India, Proc. Nation. Acad. Sc., India, B. 48:1-4 pp.

Paredes, O. e R. Rojo, 1973. Estudio para el enlatado de jugo de tuna. Tecnol. Aliment. 8: 237-240 pp.

Parry, M., 1990. Climatic change and world agriculture. Earthscan Publications, London.

Paschal, J.C., 1989. Nutritional value of prickly pear for livestock. *In*: C.W. Hanselka and J.C. Paschal (eds). Developing prickly pear as a forage, fruit, and vegetable resource. Texas Agricultural Experirnent Station Publication. 19-31 pp.

Passioura, J.B., 1988. Water transport in and to roots. Annual Rev. of Plant Physiology and Plant Moleculae. Biology. 39: 245-256 pp.

Paulsen, B.S. e P.S. Lund, 1978. Water-soluble polysaccharides of *Opuntia ficus-indica* cv. "Burbank's spineless". Phytochemestry. 18: 569-571 pp.

Pérez-Guerra, G. e M. Kosztarab, 1992. Biosystematics of the Family Dactylopiidae (Homoptera: Coccinea) with emphasis on the Life Cycle of *Dactylopius coccus* Costa. Studies on the Morphology and Systernatics of Scale Insects Nº. 16. Bulletin 92-1. Virginia Agricultural Experiment Station, Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg.

Pérez, R.C., 1993. Viabilidad de semillas y poliembrionia en morfoespecies cultivadas y silvestres de nopal tunero (*Opuntia* spp.). Tesis Profesional Universidad de Guadalajara, México.

Pérez Muñoz, C.R., 1988. Géneros de nemátodos en "tuna" *Opuntia ficus-indica* en Ayacucbo. Resúmenes II Congr. Nac. y I Congr. Internac. de Tuna y Cochinilla, Ayacucho, Perú.

Pettey, F.W., 1948. The biological control of prickly pears in South Africa. Scientific Bulletin of the Department of Agriculture and Forestry, Union of South Africa. 271:1-163 pp.

Pettey, F.W., 1950. The Cochineal (*Dactylopius opuntiae*) and the problem of its control in spineless cactus plantations. Part I. Its history, distribution, biology and what is has accomplished in the control of the prickly pear in South Africa. Bull. Dep. Agric. For. Un. S. Afr. 296:1-12 pp.

Pettey, F.W., 1953. The boring beetles of the prickly pear in South Africa and their importance in the control of *Opuntia megacantha*, Sci. Bull. Dep. Agric. For. Un. S. Afr. 340:1-36 pp.

Pettinari, C., 1951. A fusariosis of the roots of *Opuntia ficus-indica*. Boll. Staz. Pat. Veg. Roma. 61-67 pp.

Phaff, H.L., W.T. Starmer, M. Miranda e M.W. Millen, 1978. *Pichia heedii*, a new species of yeasts indigenous to necrotic cacti in the North American Sonoran Desert. Int. J. Syst. Bact. 28: 326-331 pp.

Phaff, H.L., W.T. Starmer, J. Tredick e M. Miranda, 1985. *Pichia deserticola* and *Candida deserticola*, two new species of yeasts associated with necrotic stems of cacti. International Journal of Systematic Bacteriology. 35(2): 211-216 pp.

Piatteli, M., 1976. Betalains. *In*: T.W. Goodwin. Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments. Academic Press, London. 560-596 pp.

Pimienta, B.E., 1974. Estudio de las causas que producen el engrosamiento de los cladodios en nopal (*Opuntia* spp.) en la zona de Chapingo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Pimienta, B.E. e M.E. Engleman, 1981. Estudios del desarrollo de la yema floral y el fruto en nopal. III Congreso Nacional de Fruticultura. Guadalajara, Jalisco. México.

Pimienta, B.E. e E.M. Engelman, 1985. Desarrollo de la pulpa y proporción en volumen, de los componentes del lóculo maduro en tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). Agrociencia. 62: 51-56 pp.

Pimienta, B.E., 1985. Diferenciación floral en especies frutales perennes. Fitotecnia. 7:154-157 pp.

Pimenta, B.E., 1986. Establecimiento y manejo de plantaciones de nopal tunero en Zacatecas. Publicación especial No. 5. Campo Agrícola Experimental Zacatecas. INIFAP. SARH. Calera de V.R., Zac., México.

Pimienta-Barrios, E. , A. Delgado-Alvarado e R. Mauricio-Leguizano), 1987. Evaluación de la variación en formas del Nopal (*Opuntia* spp.) Tunero en la Zona Centro de México. Strategies for Classification and Management of Native Vegetation for Food Production in Arid Zones. USDA/RM/SARH/INIFAP General Technical Report RM-150. 82-86 pp.

Pimienta, B. E. e L. Mauricio, 1989. Variación en componentes del fruto maduro entre formas del nopal (*Opuntia* spp.) tunero. Rev. Fitotec. Mex. 12:183-196 pp.

Pimienta, E., 1990. El nopal tunero. Univ. de Guadalajara, México**.**

Pimienta, B.E., M.M. Loera Q. e L.O. López A., 1992. Estudio anatómico comparativo en morfoespecies del subgénero opuntia. Actas III Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla. Santiago de Chile. 30-39 pp.

Pimenta, B.E., G. Barbera e P. Inglese, 1993. Cactus pear (*Opuntia* spp. Cactaceae) International Network: An effort for productivity and environmental conservation for arid and semiarid lands. Cactus and Succulent Journal. 65: 225-229 pp.

Pimienta, B.E., 1993a. El nopal tunero (*Opuntia* spp.): una alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas. Ciencia. 44: 345-356 pp.

Pimienta, B.E., 1993b. Vegetable cactus. *In*: J.T. Williarns (ed.). Pulses and vegetables. Chapman and Hall, London, England. 117-192 pp.

Pimienta, B.E., 1994. Prickly pear (*Opuntia* spp.): a valuable fruit crop for the semiarid lands of Mexico. J. Arid Environments. In press.

Pinkava, D.J., B.D. Parfitt, M.A. Baker e R.D. Worthington, 1992. Chromosome numbers in some Cacti of Western North America -VI- with Nomenclatural Changes. Madroño. 39(2): 08-113 pp.

Pluenneke, R.H., 1990. Prickly pear work at the R.W. Williams Ranch in Dimmit County Texas in the 1960s. *In*: Proceedings of First Anual Texas Prickly Pear Council, Kingsville, TX. 22-26 pp.

Portillo, L. e A.D. Zamarripa, 1992. Cuatro especies de nopal para la producción de grana cochinilla bajo condiciones de protección en Zapopán, Jalisco. Boletín del Instituto de Botánica (IBUG), Epoca 3, Vol. I, Num. 2, March 1992.

Portolano, N., 1962.Il fico d'India. Edizioni Agricole, Bologna.

Potter, R.L., I.L. Petersen e D.N. Ueckert, 1984. Germination responses of *Opuntia* spp. to temperature, scarification, and other seed treatments. Weed Science. 32: 106-110 pp.

Prescott, W.H., 1988. La conquista del Messico (1843). Einaudi Editori, Torino.

Pritchard, H.N. e J.A. Hall, 1976. The chemical composition of glochids from *Opuntia*. Can. J. Bot. 54: 173-176 pp.

Raabe, R.D., 1962. Host list of the root rot fungus *Armillaria mellea*. Hilgardia. 33: 25-88 pp.

Raabe, R.D. e M.A. Stanley, 1969. Armillaria root and stem rot of prickly pear cactus. Phytopathology. 58:1036-1037 pp.

Raabe, R.D., 1979. Some previously unreported hosts of Armillaria mellea in California III. Plant Disease Reporter. 63: 494-495 pp.

Ramayo-Ramírez, L., C. Saucedo-Veloz e S. Lakshminarayana, 1978a. Prolongación de la vida de almacenamiento del nopal hortaliza (*Opuntia inermis* Coulter) por refrigeración. Chapingo, Nuevo Epoca. 10: 33-36 pp.

Ramayo-Ramírez, L., C. Saucedo-Veloz and S. Lakshminarayana, 1978b. Causas de altas perdidas en nopal hortaliza (*Opuntia inermis* Coulter) almacenado por refrigeración y control. Chapingo, Nuevo Epoca. 10: 33-36 pp.

Rao, V.P., M.A. Ghani, T. Sankaran e K.C. Mathur, 1971. Review of biological control of insects and other pests in Southeast Asia and the Pacific region. Technical Communication, Commonwealth Institute of Biological Control. 6: 59-95 pp.

Rao, A.V. e B. Venkateswarlu, 1982. Associative symbiosis of *Azospirillum lipoferum* with dicotyledonous succulent plants of Indian desert. Can. J. Mierobiol. 28: 778-782 pp.

Redrern, D.B., 1968. The growth rate of *Armillaria mellea*. Trans. Br. Mycol. Soc. 51: 575-586 pp.

Redfern, D.B., 1973. Growth and behaviour of *Armillaria mellea* rhizomorphs in soil. Trans. Br. Mycol. Soc. 61: 568-581 pp.

Redfern, D.B., 1978. lnfection by *Armillaria mellea* and some factors affecting host resistance and the severty of disease. Forestry. 51:121-135 pp.

Retamal, N., J.M. Durán e J. Fernández, 1987. Seasonal variations of chemical composition of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*). J. Sci. Fd. Agric. 38: 303-311 pp.

Retamal, N., J.M. Durán e J. Fernández, 1987. Ethanol production by fermentation of fruits and cladodes of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). J. Sci. Food Agric. 40: 213-218 pp.

Reyes, M., 1993. Aprovechamiento y comercialización del nopal tapón (*Opuntia robusta* Wendland) en el Estado de San Luis Potosí. Tesis. División de Ciencias Forestales UACH Chapingo, México. 87 p.

Rivera, O.S., G. Gil, G. Montenegro e G. Avila, 1981. Stages of differentiation in floral buds of the prickly pear *Opuntia ficus-indica* Mill. Cienc. Inv. Agr. 8: 215-219 pp.

Robinson, A.R., 1984. El concepto del patosistema. In: F.G. Maxwell and P.R. Jennings (eds). Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Edit. limusa. México, D.F. 177-202 pp.

Robinson, H., 1974. Scanning electron microscope studies of the spines and glochids of the Opuntioides (Cactaceae). Am. J. Bot. 61(3): 278-283 pp.

Robles-Contreras, E., 1986. Efecto de la frecuencia de riego sobre Ias relaciones hídricas, producción y calidad de nopal para verdura (*Opuntia ficus-indica*). Tesis Profesional, Univ. de Sonora, Hermosillo, México. 66 p.

Rodríguez-Félix, A. e M. Cantwell, 1988. Developmental changes in the composition and quality of Prickly pear cactus cladodes (nopalitos). Plants Food for Human Nutrition. 38: 83-93 pp.

Rodríguez-FéIix, A., 1991. Postharvest handling for minor fruits in Mexico. *In*: E. M. Yahia and Y. Higuera (eds). Proc. National Symposium on postharvest Physiology and Tecnology of Horticultural Crops in Mexico. Editorial Limusa, México. 305-310 pp.

Rodríguez-Félix, A. e H. Soto-Valdez, 1992. Quality changes of diced nopal during storage in polyethylene bags. Proc. 3rd Annual Texas Prickly Pear Conference, Texas Prickly Pear Council, McAllen, Texas. 9-21 pp.

Rodríguez-Félix, A., M.I. González-Salas, H. Soto-Valdez e M.I. Silveira-Gramont, 1992. Effects of postharvest treatments on the quality of tuna during storage. Proc. 3rd Annual Texas Prickly Pear Conference, Texas Prickly Pear Council, McAllen, Texas. 9-21 pp.

Rosas, C.M.P. e E. Pimienta B., 1986. Polinización y fase progámica en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) tunero. Fitotecnica. 8:164-176 pp.

Rosciglione, B. e G. Sammarco, 1977. Preliminary control trials and efficacy of fungicides in vitro against *Dothiorella ribis* (Fuck.) Sacc. causal agent of gummous canker of *Opuntia ficus-indica* Miller. Tec. Agric. 29: 257-263 pp.

Rosciglione, B., 1980. Further control trials against gurmmous canker of *Opuntia ficus-indica* Miller caused by *Dothiorella ribis* (Fuck.) Sacc. on the island of Linosa. Tec. Agric. 6: 397-402 pp.

Ross, K., 1978. Codex Mendoza Aztekische Handschrift. Productions Liber SA, Fribourg.

Russell, E.C. e P.E. Felker, 1985. The Prickly Pear (*Opuntia* spp.), *In*: Management and utilization of arid lands plants. Symposium Proceedings. Saltillo, México. 41-46 pp.

Russel, C.E. e P. Felker, 1987. The Prickly Pears (*Opuntia* spp. Cactaceae): a source of human and animal food in semiarid regions. Econ. Bot. 41: 433-445 pp.

Russo, A. e G. Siscaro, 1994. Diaspis echinocacti fitomizo del ficodindia in Sicilia. L'Informatore agrario. In press.

Sáenz, C., 1985. La tuna (*Opuntia ficus-indica*) un cultivo con perspectivas. Alimentos. 3: 47-49 pp.

Sáenz, C., E. Sepúlveda e E. Araya, 1988. Ensayos preliminares de obtención de tuna (*Opuntia ficus-indica*) Proc. VI Sem. Latinoam. Ciencia y Tecnol. Aliment.; Soc. Colom. Ciencia y Tec. Aliment., Bogotá, Colombia, 11-14 Oct. 1988.

Sáenz, C. e E. Costell, 1990. Rheology of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) concentrated juices. *In*: W.E.L. Spies and S. Schubert (eds). Engineering and Food. Vol. 1. Elsevier Applied Science, England. 133-137 pp.

Sáenz, C., E. Sepúlveda, E. Araya e C. Calvo, 1992a. Influencia de la temperatura de almacenamiento sobre el color de jugo concentrado de tuna (*Opuntia ficus-indica*) Proc. 2nd Intl. Congress of prickly pear and cochineal. 22-25 Sept. 1992 Univ. de Chile, Santiago, Chile.

Sáenz, C., M. Vásquez, S. Trumper e C. FIuxá, 1992b. Extracción y composición química de mucílago de tuna (*Opuntia ficus-indica*). Proc. 2nd. Intl. Congress of prickly pear and cochineal. 22-25 Sept. 1992, Univ. de Chile, Santiago, Chile.

Sáenz-Quintero, L.A. e M.I. Díaz-Cervantes, 1990. Caracterización fisicoquímica de tuna de 14 formas de nopal de la colección del CEZAC. IV Reunión Nacional y II Congreso lntrnacionai sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Zacatecas, México. 13 p.

Sajeva, M., A. M. Ferrarella., M. Giambruno. e G. Barbera, 1988. Números cromosómicos en plantas útiles del genero *Opuntia*. *In*: G.J.J. López, and M.J. Ayala (eds). 3a Reunión Nacional y 1a Internacional de Nopal. Saltillo, México. 7 p.

Sajeva, M. e J.D. Mauseth, 1991. Leaf-like structure in the photosynthetic succulent stems of Cacti. Annals of Bot. 68: 405-411 pp.

Saltveit Jr., M.E. e L.L. Morris, 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. *In*: C.Y. Wang (ed.). Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press, Boca Raton, Fl.3-15 pp.

Sánchez, V.G., 1992. Germinación, viabilidad y características destintivas la semilla de *Opuntia joconostle* Weber forma cuaresmeño. *In*: Memoria de Resúmenes del 5o Congreso Nacional y 3o Internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Chapingo, México.

Sánchez-Grados, L., 1985. Manual técnico del manejo de la tuna y de la cochinilla. Fondo de Promoción de Exportaciones no tradicionales (FOPEX), Lima, Perú.

Sánchez-Grados, C.A. e F. Alvarez-Ramírez, 1990. Comercialización de nopal de verdura en la Central de Abastos de la Ciudad de México. Memorias III Reunión Nacional y la I Reunión Internacional, El Nopal: su conocimiento y aprovechamiento, Univ. Auto. Agr. Antonio Narro, Saltillo, México. 303-309 pp.

Santibáñez Woolrich, L.G., 1990. Ciclo biológico, cultivo y aprovechamiento de la cochinilla del Nopal (*Dactylopius coccus* Costa) en el municipio de Villa Díaz Ordaz Tlacolula. Informe de Servicio Social, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México.

Sawaya, W.N. e P. Khan, 1982. Chemical characterization of prickly pear seed oil, *Opuntia ficus-indica*. J. Food Sci. 47: 2060-2061 pp.

Sawaya,W.N., H.A. Khatchadourian, W.M. Safi e H.M. Al-Hammad, 1983. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficas-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. J. Food Technol. 18:183-193 pp.

Sawaya, W.N., J.K. Khalil e M.M. Al-Mohammad, 1983. Nutritive value of prickly pear seeds, *Opuntia ficus-indica*. Qual. Plant. Foods Hum. Nutr. 33: 91-97 pp.

Schaad N.W. (ed.), 1980. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. 72 p.

Scheinvar, L., 1982. La familia de las Cactáceas en el Valle de México. PhD diss., Univ. Nac. Aut. de México, México.

Scheinvar, L., 1985. Cactáceas *In*: J. Rzedowski and G. Rtzedowski (eds). Flora Fanerogámica del Vaile de México, Vol. 2. Esc. Nac. Cienc. Biol. and Instituto de Ecologia. México, D.F.

Scheinvar, L., 1992. Características morfológicas de la *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., usos actuales y potencial económico. Resúmenes y Memorias II Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla. Fac. Cienc. Agrar. y Forest. Univ. Chile.

Schmidt-Hebbel, H. e I. Pennacchiotti, 1985. Tabla de composición química de alimentos chilenos. 7 ed. Editoreal Universitaria. Santiago, Chile.

Schweppe, H. e H. Roosen-Runge, 1986. Carmine-Cochineal Carmine and Kermes Carmine. *In*: R.L. FelIer (ed.). Artist Pigments. Nationai Gallery of Art, Washington.

Schuster, M.L., e D.P. Coyne, 1974. Survival mechanism of phytopathogenic bacteria. Ann. Rev. Phytopathol. 12:199-221 pp.

Sepúlveda, E. e C. Sáenz, 1988. Prickly pear processing (*Opuntia ficus-indica*). I. Seed oil. Alimentos 13: 35-38 pp.

Sepúlveda, E. e C. Sáenz, 1990. Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 30: 551-555 pp.

Shoop, M.C., E.J. Alford e H.F. Mayland, 1977. Plains prickly pear is a good forage for cattle. J. Range. Manage. 30:12-17 pp.

Skerman, V.B.D., V. Mc Gowan e P.H.A. Sneath, 1980. Approved lists of bacterial names. J. Syst. Bacteriol. 30: 225-420 pp.

Smith, B.N. e S. Madhaven, 1982. Carbon isotope rations in obligate and facultative CAM plants. *In*: I.P. Ting and M. Gibbs (eds). Crassulacean acid metabolism. American Society of Plant Physiologistis, Rockville, Maryland. 231-243 pp.

Smith, C.E., 1967. Ptant Remains. *In*: The Prehistory of the Tehuacan Valley. Environment and Subsistence. Austin.

Sodi, P.E., 1964. Las cactáceas en la época precolombina y virreynal. Cac. y Suc. Mex. México XII(1).

Solórzano, V.E.D., 1990. Micropropagación de nopal. *In*: Micropropagación Vegetal en México. Avances y Resultados II. Boletín Informativo del FIRA.Banco de México. No. 217. Vol. XXII. México.

Somma, V., B. Rosciglione e V. Martelli, 1973. Osservazioni preliminari sul cancro gommoso, una nouva malattia del ficodindia. Tec. Agric. 6: 437-443 pp.

Sosa, Ch. R., 1964. Microsporogenesis, importancia económica y distribución de tres especies del género *Opuntia*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Southwood, T.R.E., 1973. The insect/plant relationship - an evolutionary perspective. Symposia of the Royal Entomological Society of London, No. 6, Plant/Insect relationships. Edited on behalf of the society by H.F. Jan Emden.

Starmer, W.T., H.S. Phaff, M. Miranda e M.W. Miller, 1978. Pichia cactophila, a new species of yeast found in decaying tissue of cacti. Int. J. Sysy. Bact. 28: 318-325 pp.

Starr, M.V., 1959. Bacteria as plant pathogens. Ann. Rev. Microbiol. 13: 211-238 pp.

Steinhart, C.E., 1962. Tissue culture of a cactus. Science. 137: 545-546 pp.

Stelfox, J.G. e H.G. Friend, 1977. Prairie fires and pronghorn use of cactus. The Canadian Field-Naturalist. 91: 282-285 pp.

Stevens, F.L., 1925. Plant Disease Fungi. The Macmillan Co., New York. 469 p.

Strack, D., U. Engel e V. Wray, 1987. Neobetan *In*: a new natural plant constituent. Phytochemistry 26: 2399-2400 pp.

Sudzuki, F., C. Muñoz e H. Berger, 1993. El cultivo de la tuna (Cactus Pear). Fac. Ciencias Agrarias y Forestales U. de Chile.

Tangiorgi Tomasi L. e A. Tosi, 1990. Flora e Pomona. L'orticoltura nei disegni e nelle incisioni dei secoli XIV-XIX. Leo S. Olschki editori, Fírenze.

Tate, J.L., 1978. Cactus Cook Book. Cactus and Succulent Society of America. 127 p.

Tekelenburg, A., 1988. The multi-purpose use of the Tuna plant. ILEIA. December, 1988. Vol. 4, No. 4. 22-23 pp.

Tekelenburg, A. e V. Ortuño, 1992. Producción de cochinilla *Dactylopius coccus* (Costa) en ambiente semi-controlado. Memorias del II Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla, 22-25 September 1992, Santiago, Chile.

Tekelenburg, A., 1993. Prickly pear and cochineal production as an integral component of rural development. Manuscript.

Tekelenburg, A., 1994. Cochineal quality (*Dactylopius coccus* Costa) in relation with post-harvest. Working Document No. 4, PhD project Prickly Pear and Cochineal productiou by Quechua peasants in the Andean valleys of Bolivia. Wageningen Agricultural University, the Netherlands.

Teles, F.F.F, J.W. StuII, W.H. Brown e F.M. Whiting, 1984. Arnino and organic acids of the prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* L.). J. Sci. Fd Agric. 35: 421-425 pp.

Ting, I.P., 1985. Crassulacean acid metabolism. Ann. Rev. Plant Physiol. 36: 595-622 pp.

Tirado, L.E., 1986. Elaboración de una mermelada a base de nopal. Tesis. Esc. Cs. Químicas. Universidad Autónoma de Puebla, México.

Tirrò A., 1989 Characteristic of some strains of *Armillaria mellea* from prickly pear cactus plants. Micologia Italiana. 3: 7-11 pp.

Tisserat, B., B.E. Esan e T. Murashige, 1979. Somatic Embriogenesis in Angiosperms. Horticultural Reviews. Vol. 1.

Trachtenberg, S. e A.M. Mayer, 1981. Composition and properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. Phytochemestry. 20: 2665-2668 pp.

Trachtenherg, S. e A.M. Mayer, 1982. Biophysical properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. Phytochem. 21: 2835-2843 pp.

Trujillo, A.S., 1986. Hibridación, aislamiento y formas de reproducción de *Opuntia* spp Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de Mex. México.

Tucker, G.A., 1993. Introduction. *In*: G.B. Seymour, J.E. Taylor and G.A. Tucker (eds). Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall, London. 1-51 pp.

Uribe, J.M., M.T. Varnero e C. Benavides, 1992. Biomasa de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) como acelerador de la digestión anaeróbica de guano de bovino. Simiente. 62(1): 14-18 pp.

USDA, 1980. Small-scale fuel alcohol production. United States Department of Agriculture. 191 p.

Varnero, M.T., 1991. Manual de reciclaje orgánico y biogas. Aprovechamiento racional de desechos agropecuarios. Ministerio de Agricultura (Chile)-Universidad de Chile. 48 p

Varnero, M.T. e J. Arellano, 1990. Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile, Santiago. Informe Técnico. 98 p.

Varnero, M. T., J.M. Uribe e X. López, 1992. Factibilidad de una biodigestión anaeróbica con mezclas de guano de caprino y cladodios de tuna (*Opuntia ficas-indica* (L.) Mill.). Terra Aridae. 11:166-172 pp.

Vartapetian, B.B., 1974. Role of endogenous metabolic water in plant under conditions of water deficit. *In*: R.O. Slatier (ed.). Plant response to climatic factors. Proc. Uppsala Symp. Unesco, Paris.

Varvaro, L., G. Granata e G.M. Balestra, 1993. Severe Erwinia caused damage or *Opuntia ficus-indica* in Italy. Joumal Phytopathol. 138: 325-330 pp.

Vyskot, B. e Z. Jara, 1984. clonal propagation of cacti through axillary buds *in vitro*. J. Hort. Sci. 59:449-454 pp.

Walt, J.P. van der e D. Yarrow, 1984. Methods for the isolation, maintenance, classification and identification of yeasts. ltz: N.W.R. Kreger van Rij (ed.). The Yeasts. A taxonomic study. 3rd cd. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 45-104 pp.

Wang, C.Y., 1990a. Alleviation of chilling injury of horticultural crops. *In*: C.Y. Wang (ed.). Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press, Boca Raton, Fl. 281-302 pp.

Wang, C.Y., 1990b. Physiological and biochemical effects of controlled atmospheres on fruits and vegetables. *In*: M. Calderon and R. Barkai-Golan (eds). Food Preservation by Modificd Atmospheres. CRC Press, Boca Raton, Fl. 197-223 pp.

Waterhouse, G.M., 1963. Key to the species of Phytophthora de Bary. Mycol. Pap. 92. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, England. 22 p.

Weiss, J., A. Nerd e Y. Mizrahi, 1993. Vegetative parthenocarphy in the cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). Ann. Bot. 71. In press.

Wessels, A.B., 1988. Spineless prickly pear. Perskor, Johannesburg, South Africa. 61 p.

Wessels, A.B. e E. Swart, 1990. Morphogenesis of the reproductive bud and fruit of the prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. cv. morado. Acta Hort. 275: 245-253 pp.

Wessels, A.B. e L. Croukamp, 1992. Development of the pulp of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit: A new look at fruit classification. *In*: (eds). Segundo Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla. 22-25 September, Santiago, Chile

Wessels, A.B., 1993. Cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.)) production in South Africa. 28 p. *In*: E. Pimienta B., E. Arias J. and B. Rarnírez H. (eds). Abstracts and final report of the round table for the establishment of the international technical cooperation network on cactus pear. Univ. of Guadalajara and Food and Agriculture Organization of the United Nations. 24 p.

White, I.M. e M.M. Elson-Harris, 1992. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. C.A.B. International, Wallingford, UK. Justus Liebig University, Giessen, Germany. 182 p.

Wiemeler, P., 1988. Nutzungsmoglichkeiten von *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller im Raum Uitenhage, Sudafrika. Unpublished Thesis, Justus Liebig University, Giessen, Germany. 182 p.

Williams, D.J. e G.W. Watson, 1988. The scale insects of the tropical South Pacific Region. 3. The soft scales (Coccidae) and other families - C.A.B. International Institute of Entomology, London.

Wilson, F., 1960. A review of the biological control of insects and weeds in Australia and Australian New Guinea. Technical Communication, Commonwealth Institute of Biological Control. 1: 51-68 pp.

Winter, K., 1985. Crassulacean acid metabolism, *In*: J. Barber and N.R. Baker (eds). Photosynthetic mechanisms and the environment. Elsevier, Amsterdam. 329-387 pp.

Woirgardt B., 1988. Marktchancen von Opuntienfructhten aus Sizilien. *In*: W. Hoffmann (ed.). Kakleen und standortgereghte Landnutzung. Die Bedeutung pflanzicher Ressourcen. Band 6. Fachochschule, Wiesbaden, Germany.

Woodward, T.E., W.F. Turner e D. Griffiths, 1915. Prickly pears as a feed for dairy cows. J. Agric. Res. 4: 405-450 pp.

Yagnam, F., 1986. La tuna y sus posibilidades agroindustriales. Próxima Década. 52: 6-11 pp.

Yagnam, F. e F. Osorio, 1991. Clarificación y pasteurización de jugos de tuna (*Opuntia ficus-indica*). Proc. IX Congreso Nacional de Ciencia y Tec. de Alimentos; Soc. Chilena de Tec. de Alimentos, 12-15 Nov. 1991, Santiago, Chile.

Yuasa, H.H., S. Shimizu, S. Kashiwai e N. Kondo, 1973. Chromosome numbers and their Bearing of the Geographic Distribution in the Subfamily Opuntioideae (Cactaceae). Report the Institute for Breeding Research Tokyo University of Agricuiture. 4:1-10 pp.

Zimmermann, H.G., R.E. Mc Fayden e H.F. Erb, 1979. Annotated list of some cactus-feeding insects of South America. Acta Zoologica Lilloana. 33:101-112 pp.

Zimmermann, H.G. e D.E. Malan, 1981. The role of imported natural enemies in suppressing regrowlh of prickly pear, *Opuntia ficus-indica*, in South Africa. *In*: E.S. Delfosse (cd.). Proceedings of lhe V International Symposium on the Biological Control of Weeds. 1980, Brisbane, Australia. 375-381 pp.

Zimmermann, H.G. e V.C. Moran, 1982. Ecology and management of cactus weeds in South Africa. South African Journal of Science. 78: 314-320 pp.

Zimmermann, H.G., V.C. Moran e J.H. Hoffmann, 1986. Insect herbivores as determinants of the present distribution and abundance of invasive cacti in South Africa. 269-274 pp.

Zimmermann, H.G. e H.E. Zimmermann, 1987. A novel use of a declared weed: young prickly pear leaves for human consumption. Farming in South Africa. Weeds B. 1.2/1987. Government Printer, Pretoria, South Africa. 1-4 pp.

Zimmermann, H.G., 1989. The utilisation of an invader cactus weed as part of an integrated control approach. *In*: E.S. Delfosse (ed.). Proceedings of the VIII International Symposium on the biological Control of Weeds, 6-8 March 1988, Rome, Italy. Ist. Sper. Patol. Veg. (MAF). 429-432 pp.

Zimmermann, H.G. e V.C. Moran, 1991. Biological control of prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae), in South Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment. 37: 29-35 pp.

ÍNDICE REMISSIVO

Alimento1, 4, 6, 8, 9, 11, 15, 18, 19, 101, 102, 124, 140, 147, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 171, 189
Amido 32, 68, 128
Apomixia 67
Asteca 1, 12, 15
Autogamia 54
Biodigestores 193, 194
Biogás 4, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195
Boro 44
Cálcio 30, 31, 81, 124, 133, 134, 140, 141
Captação atmosférica 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 86
Carboidratos 44, 87, 123, 124, 128, 133, 134, 136, 151, 192
Casca1, 4, 15, 22, 23, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 55, 57, 61, 88, 91, 94, 116, 119, 120, 123, 124, 125, 126, 128, 130, 131, 132, 141, 143, 145
Cercas-vivas 2, 4, 8, 16, 18, 19, 58, 62, 83, 84, 92, 94, 95, 96, 159, 160, 162, 178
Cinzas 22, 23, 24, 55, 106, 116, 118, 119, 120, 124, 134, 136, 140, 141, 152
Cladódios2, 3, 4, 5, 8, 11, 15, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 34, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 55, 58, 59, 61, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 78, 79, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 128, 129, 132, 133, 135, 138, 139, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 157, 161, 170, 171, 173, 174, 175, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 186, 187, 190, 192, 194
Clistogamia 33
Clorênquima 30, 32, 39, 40
Clorofila 32, 39, 42, 55, 112, 114, 142
CO_2 ..... 9, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 51, 129, 189, 191, 195
Cochonilha2, 6, 13, 16, 17, 18, 19, 23, 26, 83, 84, 86, 87, 94, 103, 104, 105, 106, 120, 158, 159, 160, 161, 166, 169, 170, 171, 172, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189
Colheita5, 6, 7, 10, 11, 17, 18, 49, 50, 51, 53, 55, 57, 62, 64, 66, 67, 69, 70, 71, 80, 81, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 96, 98, 114, 119, 120, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 137, 139, 149, 161, 169, 170, 172, 178, 180, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 194
Colheita fora de época 92
Colombo 1
Concorrência 69, 89
Congelado 4, 99, 143
Copa 33, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 92, 183
Cor da fruta 61, 64, 142
Digestibilidade 151, 152, 153
Dióxido de carbono 30, 36, 133, 134, 137, 139
Eliminação 51, 79, 86, 87, 88, 89, 92, 94, 114, 116, 118, 119, 121, 130, 132, 133, 139, 160, 178
Enxerto 71, 121
Epiderme 27, 29, 30, 32, 34, 39, 104, 116
Escarificação 65, 66, 67
Espinhos5, 6, 7, 8, 13, 15, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 33, 34, 41, 62, 94, 96, 99, 102, 105, 106, 107, 117, 120, 121, 129, 130, 131, 133, 135, 136, 139, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 160, 162, 172, 173, 183, 187
Estaquia 72
Estômatos 26, 29, 30, 36, 37, 38, 39, 40, 177
Estresses 59, 60, 61
Etanol 4, 142, 189, 190, 191, 192
Fecundação 33, 34, 54, 174
Fertilização 6, 44, 53, 69, 70, 82, 83, 88, 89, 90, 96, 111, 122, 150, 154, 157, 179, 182, 187, 188, 190, 195
Fibras cruas 55, 124, 134, 152
Flores4, 5, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 33, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 57, 68, 69, 79, 88, 94, 95, 107, 108, 109, 110, 121, 135, 144, 147, 161, 169, 177, 178, 187
Forragem4, 5, 6, 7, 8, 11, 18, 19, 20, 23, 24, 37, 58, 60, 65, 94, 96, 101, 102, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 162, 178, 190
Fósforo 44, 70, 90, 140, 141, 150, 154
Fruta1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 33, 34, 37, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 74, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 103,

105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 151, 159, 160, 161, 162, 170, 171, 177, 178, 187, 189, 190, 192, 194
Frutose 94, 125, 140, 144
Germinação 54, 65, 66, 67, 68, 147
Glicose 125, 140, 144, 145, 191
Gloquídios 10, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 33, 34, 88, 91, 92, 94, 99, 124, 125, 130, 132, 133, 147, 183
Gordura 55, 140, 141, 145, 152
Horta 4, 5, 12, 16, 62, 94, 95, 96, 102, 178
Macronutrientes 44
Matéria seca 70, 152, 194
Medicina 4, 15, 145, 146
Metano 189, 190, 191, 193, 195
Micronutrientes 44
Morfologia 1, 28, 30, 31, 34, 39, 58, 61, 172
Nitrogênio 44, 70, 89, 90, 125, 150, 152, 154, 190
Opuntia1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 54, 58, 67, 68, 71, 72, 73, 75, 77, 78, 79, 80, 89, 92, 93, 94, 103, 104, 105, 106, 108, 118, 123, 125, 129, 133, 138, 140, 144, 147, 148, 149, 150, 151, 154, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 176, 177, 178, 187
Opuntiae 103, 104, 105, 118, 158, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 172
Orientação 26, 43, 84, 95
Ovário 33, 34
Parênquima 29, 32, 39
Pastagem 18, 37, 153, 156, 161
Pigmentos 42, 113, 125, 142, 145
Poda 55, 69, 70, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 92, 97, 101, 105, 111, 116, 119, 121, 178, 183, 187
Polpa4, 8, 21, 23, 34, 54, 55, 56, 57, 61, 62, 64, 65, 79, 81, 87, 88, 91, 92, 119, 120, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 140, 141, 142, 143, 144, 145
Pomar 10, 68, 69, 70, 79, 81, 82, 83, 84, 89, 92, 93
Potássio 44, 81, 89, 90, 182, 183, 194
Produtividade 9, 10, 28, 36, 37, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 59, 60, 65, 69, 70, 81, 90, 92, 98, 149, 150, 186, 190, 192
Projeto 9, 58, 79, 84, 92, 129, 156, 171, 187, 192, 193
Propagação 3, 7, 65, 68, 69, 71, 72, 115
Protândria 33
Raízes 4, 15, 28, 29, 30, 40, 45, 51, 66, 68, 71, 73, 77, 81, 85, 89, 91, 109, 110, 115, 117, 118, 154, 176, 178, 183
Raleadura 85, 86, 87, 92
Refloração 51, 88, 90, 91, 92
Rega 38, 40, 46, 70, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 95, 111, 117, 177, 179, 182, 188, 190
Reprodução 37, 53, 112, 115, 174, 180
Respiração 55, 113, 114, 128, 129, 134, 137
Sacarose 73, 76, 125, 140, 144
Salinidade 11, 37, 44, 45, 48, 60
Saturação 42, 145
Scozzolatura 7, 51, 79, 81, 86, 88
Seca3, 4, 5, 8, 9, 16, 18, 28, 31, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 46, 47, 53, 60, 79, 81, 84, 86, 90, 91, 97, 98, 103, 108, 113, 115, 139, 144, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 160, 162, 169, 170, 171, 182, 183, 186, 187, 188, 192
Sigmóide 50, 54, 55
Sódio 44, 139, 142, 144
Suco 4, 15, 18, 26, 127, 142, 143, 144, 170
Suculência 39
Temperatura3, 8, 9, 11, 30, 31, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 60, 65, 66, 67, 79, 80, 81, 82, 84, 86, 88, 100, 104, 105, 106, 112, 113, 114, 116, 118, 120, 132, 134, 135, 137, 139, 142, 143, 148, 149, 150, 169, 175, 176, 178, 180, 186, 190, 191, 192, 193, 194
Temperatura baixa 47
Transpiração 28, 30, 37, 38, 53, 114
Valor nutritivo 11, 133, 139, 140, 142
Vento 4, 8, 31, 41, 85, 86, 119, 173, 179, 180, 182, 183, 186
Viveiro 51, 52, 62, 65, 69, 70, 71

CADERNOS TÉCNICOS DA FAO

Diretoria de Produção e Proteção Vegetal da FAO

1 Horticulture: a select bibliography, 1976 (E)
2 Cotton specialists and research institutions in selected countries, 1976 (E)
3 Food legumes: distribution, adaptability and biology of yield, 1977 (E F S)
4 Soybean production in the tropics, 1977 (C E F S)
4 Rev. 1. Soybean production in the tropics (first revision), 1982 (E)
5 Les systêmes pastoraux sahéliens, 1977 (F)
6 Pest resistance to pesticides and crop loss assessment - Vol. 1,1977 (E F S)
6/2 Pest resistance to pesticides and crop loss assessment -Vol. 2,1979 (E F S)
6/3 Pest resistance to pesticides and crop loss assessment - Vol. 3,1981 (E F S)
7 Rodent pest biology and control – Bibliography 1970-74,1977 (E)
8 Tropical pasture seed production, 1979 (E F** S**)
9 Food legume crops: improvement and production, 1977(E)
10 Pesticide residues in food, 1977 - Report, 1978 (E F S)
10 Rev. Pesticide residues in food 1977 - Report, 1978 (E)
10 Sup. Pesticide residues ín food 1977 - Evaluations, 1978 (E)
11 Pesticide residues in food 1965-78 - Index and summary, 1978 (E F S)
12 Crop calendars, 1978 (E/F/S)
13 The use of FAO specifications for plant protection products, 1979 (E F S)
14 Guidelines for integrated control of rice insect pests, 1979 (Ar C E F S)
15 Pesticide residues in food 1978 - Report, 1979 (E F S)
15 Sup. Pesticide residues in food 1978 - Evaluations, 1979 (E)
16 Rodenticides: analyses, specifications, formulations, 1979 (E F S)
17 Agrometeorological crop monítoring and forecasting, 1979 (C E F S)
18 Guidelines for integrated control of maize pests, 1979 (C E)
19 Elements of integrated control of sorghum pests,1979 (E F S)
20 Pesticide residues in food 1979 - Report, 1980 (E F S)
20 Sup. Pesticide residues in food 1979 - Evaluations, 1980 (E)
21 Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides, 1980 (E F)
22 China: multiple cropping and related crop production technology, 1980 (E)
23 China: development of olive production, 1980 (E)
24/1 Improvement and production of maize, sorghum and millet - Vol. 1. General principles, 1980 (E F)
24/2 Improvement and production of maize, sorghum and millet - Vol. 2. Breeding, agronomy and seed production, 1980 (E F)
25 Prosopis tamarugo: fodder tree for arid zones, 1981 (E F S)
26 Pesticide residues in food 1980 - Report, 1981 (E F S)
26 Sup. Pesticide residues in food 1980 - Evaluations, 1981 (E)
27 Small-scale cash crop farming in South Asia, 1981 (E)
28 Second expert consultation on environmental criteria for registration of pesticides, 1981 (E F S)
29 Sesame: status and improvement, 1981 (E)
30 Palm tissue cuiture, 1981 (C E)
31 An eco-climatic classification of intertropical Africa, 1981(E)
32 Weeds in tropical crops: selected abstracts, 1981(E)
32 Sup. 1.Weeds in tropical crops: review of abstracts, 4982 (E)
33 Plant collecting and herbarium development, 1981 (E)
34 Improvement of nutritional quality of food crops, 1981 (C E)
35 Date production and protection, 1982 (Ar E)
36 El cultivo y la utilización del tarwi - Lupinus mutabilis Sweet, 1982 (S)
37 Pesticide residues in food 1981 - Report, 1982 (E F S)
38 Winged bean production in the tropics, 1982 (E)
39 Seeds, 1982 (E/F/S)
40 Rodent control in agriculture, 1982 (Ar C E F S)
41 Rice development and rainfed rice production, 1982 (E)
42 Pesticide residues in food 1981 - Evaluations, 1982 (E)
43 Manual on mushroom cultivation, 1983 (E F)

44 Improving weed management, 1984 (E F S)
45 Pocket computers in agrometeorology, 1983 (E)
46 Pesticide residues in food 1982 - Report, 1983 (E F S)
47 The sago palm, 1983 (E F)
48 Guidelines for integrated control of cotton pests, 1983 (Ar E F S)
49 Pesticide residues in food 1982 - Evaluations, 1983 (E)
50 International plant quarantine treatment manual, 1983 (C E)
51 Handbook on jute, 1983 (E)
52 The palmyrah palm: potential and perspectives, 1983 (E)
53/1 Selected medicinal plants, 1983 (E)
54 Manual of fumigation for insect control, 1984 (C E F S)
55 Breeding for durable disease and pest resistance, 1984 (C E)
56 Pesticide residues in food 1983 - Report, 1984 (E F S)
57 Coconut, tree of life, 1984 (E S)
58 Economic guidelines for crop pest control, 1984 (E F S)
59 Micropropagation of selected rootcrops, palms, citrus and ornamental species, 1984 (E)
60 Minimum requirements for receiving and maintaining tissue culture propagating material, 1985 (E F S)
61 Pesticide residues in food 1983 - Evaluations, 1985 (E)
62 Pesticide residues in food 1984 - Report, 1985 (E F S)
63 Manual of pest control for food security reserve grain stocks, 1985 (C E)
64 Contribution à l'écologie des aphides africains, 1985 (F)
65 Amélioration de la culture irriguée du riz des petits fermiers, 1985 (F)
66 Sesame and safflower: status and potentials, 1985 (E)
67 Pesticide residues in food 1984 - Evaluations, 1985 (E)
68 Pesticide residues in food 1985 - Report, 1986 (E F S)
69 Breeding for horizontal resistance to wheat diseases, 1986 (E)
70 Breeding for durable resistance in perennial crops,1986(E)
71 Technical guideline or seed potato micropropagation and multiplication, 1986 (E)
72/1 Pesticide residues in food 1985 - Evaluations - Part I: Residues, 1986 (E)
72/2 Pesticide residues in food 1985 - Evaluations - Part II: Toxicology, 1986 (E)
73 Early agrometeorological crop yield assessment, 1986 (E F S)
74 Ecology and control of perennial weeds in Latin America, 1986 (E S)
75 Technical guidelines for field variety trials, 1993 (E F S)
76 Guidelines for seed exchange and plant introduction in tropical crops, 1986 (E)
77 Pesticide residues in food 1986 - Report, 1986 (E F S)
78 Pesticide residues in food 1986 - Evaluations - Part I: Residues, 1986 (E)
78/2 Pesticide residues in food 1986 - Evaluations - Part II: Toxicology, 1987 (E)
79 Tissue culture of selected tropical fruit plants, 1987 (E)
80 Improved weed management in the Near East, 1987 (E)
81 Weed science and weed control in Southeast Asia, 1987 (E)
82 Hybrid seed production of selected cereal, oil and vegetable crops, 1987 (E)
83 Litchi cultivation, 1989 (E S)
84 Pesticide residues in food 1987 - Report, 1987 (E F S)
85 Manual on the development and use of FAO specifications for plant protection products, 1987 (E** F S)
86/1 Pesticide residues in food 1987 - Evaluations - Part I: Residues, 1988 (E)
86/2 Pesticide residues in food 1987 - Evaluations - Part II: Toxicology, 1988 (E)
87 Root and tuber crops, plantains and bananas in developing countries - challenges and opportunities, 1988(E)
88 *Jessenia* and *Oenocarpus*: neotropical on palms worthy of domestication, 1988 (E S)
89 Vegetable production under arid and semi-arid conditions in tropical Africa, 1988 (E F)
90 Protected cultivation in the Mediterranean climate, 1990 (E F)
91 Pastures and cattle under coconuts, 1988 (E S)
92 Pesticide residues in food 1988 - Report, 1988 (E F S)
93/1 Pesticide residues in food 1988 - Evaluations - Part I: Residues, 1988 (E)
93/2 Pesticide residues in food 1988 - Evaluations - Part II: Toxicology, 1989 (E)
94 Utilization of genetic resources: suitable approaches, agronomical evaluation and use, 1989 (E)
95 Rodent pests and their control in the Near East, 1989 (E)
96 *Striga* - Improved management in Africa, 1989 (E)
97/1 Fodders for the Near East: alfalfa, 1989 (Ar E)
97/2 Fodders for the Near East: annual medic pastures, 1989 (Ar E F)
98 An anotated bibliography on rodent research in Latin America 1960-1985,1989 (E)
99 Pesticide residues in food 1989 - Report, 1989 (E F S)
100 Pesticide residues in food 1989 - Evaluations - Part I: Residues, 1990 (E)
100/2 Pesticide residues in food 1989 - Evaluations - Part II: Toxicology, 1990 (E)

101 Soilless culture for horticultural crop production, 1990 (E)
102 Pesticide residues in food 1990 - Report 1990 (E F S)
103/1 Pesticide residues in food 1990 - Evaluations - Part I: Residues, 1990 (E)
104 Major weeds of the Near East, 1991(E)
105 Fundamentos teórico-prácticos del cultivo de tejidos vegetales, 1990 (S)
106 Technical guidelines for mushroom growing in the tropics, 1990 (E)
107 *Gynandropsis gynandra* (L.) Briq. - a tropical leafy vegetable - its cultivation and utilization, 1991(E)
108 Carambola cultivation, 1993 (E S)
109 Soil solarization, 1991(E)
110 Potato production and consumption in developin countries, 1991(E)
111 Pesticide residues in food 1991 - Report, 1991(E)
112 Cocoa pest and disease management in Southeast Asia and Australasia, 1992 (E)
113/1 Pesticide residues in food 1991 - Evaluations - Part I: Residues, 1991(E)
114 lntegrated pest management for protected vegetable cultivation in the Near East, 1992 (E)
115 Olive pests and their control in the Near East, 1992 (E)
116 Pesticide residues in food 1992 - Report, 1993 (E F S)
117 Quality declared seed, 1993 (E F S)
118 Pesticide residues in food 1992 - Evaluations - Part I: Residues, 1993 (E)
119 Quarantine for seed, 1993(E)
120 Weed management for developing countries, 1993 (E)
121 Rambutan cultivation, 1993 (E)
122 Pesticide residues in food 1993 - Report, 1993 (E F S)
123 Rodent pest management in eastern Africa, 1994 (E)
124 Pesticide residues in food 1993 - Evaluations - Part I: Residues, 1994 (E)
125 Plant quarantine: theory and practice, 1994 (Ar)
126 Tropical root and tuber crops - Production, perspectives and future prospects, 1994 (E)
127 Pesticide residues in food 1994 - Report, 1994 (E)
128 Manual on the development and use of FAO specifications for plant protection products -Fourth edition, 1995 (E)
129 Mangosteen cultivation, 1995 (E)
130 Pos-harvest deterioratíon of cassava -A biotechnology perspectives, 1995 (E)
131/1 Pesticide residues in food 1994 - Evaluations - Part I: Residues, Volume 1,1995 (E)
131/2 Pesticide residues in food 1994 - Evaluations Part I: Residues, Volume 2,1995 (E)
132 Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, 1995 (E)
133 Pesticide residues in food 1995 - Report, 1996 (E)
134 Number not assigned
135 Citrus pest problems and their control in the Near East, 1996 (E)
136 El pepino dulce y su cultivo, 1996 (S)
137 Pesticide residues in food 1995 - Evaluations - Part I: Residues, 1996 (E)
138 Sunn pests and their control in the Near East, 1996 (E)
139 Weed management in rice, 1996 (E)
140 Pesticide residues in food 1996 - Report, 1996 (E)
141 Cotton pests and their controi in the Near East, 1997 (E)
142 Pesticide residues in food 1996 - Evaluations - Part I: Residues, 1997 (E)
143 Management of the whitefly-virus complex, 1997 (E)
144 Plant nematode problems and their control in the Near East region, 1997 (E)
145 Pesticide residues in food 1997 - Report, 1998 (E)
146 Pesticide residues in food 1997 - Evaluations - Part I: Residues, 1998 (E)
147 Soil solarization and integrated management of soilborne pests, 1998 (E)
148 Pesticide residues in food 1998 - Report, 1999 (E)
149 Manual on the development and use of FAO specifications for plant protection products - Fifth edition, including the new procedure, 1999 (E)
150 Restoring farmers seed systems in disaster situations, 1999 (E)
151 Seed policy and programmes for sub-Saharan Africa, 1999 (E)
152/1 Pesticide residues in food 1998 - Evaluations - Part I: Residues, Volume 1, 1999 (E)
152/2 Pesticide residues in food 1998 - Evaluations - Part I: Residues, Volume 2, 1999 (E)
153 Pesticide residues in food 1999 - Report, 1999 (E)
154 Greenhouses and shelter structures for tropical regions, 1999 (E)
155 Vegetable seedling production manual, 1999 (E)
156 Date palm cultivation, 1999 (E)

Disponibilidade: dezembro de 1999

Ar ..... Arabic (Árabe)
C ..... Chinese (Chinês)
E ..... English (Inglês)
F ..... French (Francês)
P ..... Portuguese (Português)
S ..... Spanish (Espanhol)
Multil ..... Multilingüe
***** ..... Esgotado
****** ..... Em preparação
E F S ..... Edições separadas em inglês, francês e espanhol
E/F/S ..... Edição trilingüe

Esses cadernos técnicos podem ser adquiridos nos pontos de venda autorizados pela FAO ou mediante solicitação direta ao Grupo de Vendas e Comercialização, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Itália.